KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

AIRCRAFT COMPONENT MILLING

XI

SEMESTER 3

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

DAFTAR ISI

Materi / Isi

Pendahuluan

Deskripsi

Ada Benda kerja dalam bentuk kasar yang tidak dikerjakan dengan penyayatan (misal pengecoran, penempaan dsb), tetapi jika dilakukan proses pemesinan, ukurannya harus dilebihkan . Umumnya ketelitian ukuran dan kualitas permukaan lebih baik jika dilakukan dengan proses pemesinan

Prasyarat

Matematika dasar (penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, trigonometri, phitagoras)

Peserta didik dapat membaca gambar teknik

Petunjuk Penggunaan

Bagi Siswa

Baca dan simak perintah pada modul

Ajukan pertanyaan pada guru apabila merasa ragu

Kumpulkan data mesin frais yang diperoleh

Analisa data mesin frais yang diperoleh

Simpulkan data mesin frais yang diperoleh

Sampaikan hasil kesimpulan secara cermat dan tepat

Bagi Guru

Membimbing, menjawab pertanyaan dari peserta didik

Membantu peserta didik menyimak modul ini.

Menilai setiap kompetensi peserta didik.

Mencatat setiap nilai hasil yang diperoleh peserta didik.

Tujuan Akhir

Kinerja yang diharapkan

Peserta didik menyimak materi dari modul ini

Peserta didik mampu mengumpulkan data tentang mesin frais.

Peserta didik mampu menentukan fungsi dari mesin frais dan bagian-bagiannya

Peserta didik mampu menyimpulkan pemanfaatan mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara

Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR
MATA PELAJARAN AIRCRAFT COMPONENT MILLING

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan pemfraisan komponen pesawat udara
	Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pemfraisan komponen pesawat udara
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktifdan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pemfraisan komponen pesawat udara
	Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pemfraisan komponen pesawat udara .
KI-3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan **metakognitif** berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	Memahami mesin frais
	Memahami perlengkapan mesin frais
	Menganalisis proses pemfraisan
	Menerapkan parameter pemotongan
	Menganalisis pemfraisan
KI-4 Mengolah, menyaji, dan menalar dalam	Menanya mesin frais
	Menanya tentang perlengkapan mesin frais

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, **bertindak secara efektif dan kreatif**, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	Mencoba mesin frais
	Menalar parameter pemotongan
	Menyaji benda kerja

Cek Kemampuan Awal

Isilah tabel di bawah ini secara mandiri

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	DAFTAR CEK
1	Apakah fungsi mesin frais		
2	Benda apa aja yang bisa dikerjakan di mesin frais		
3			

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

Pembelajaran

Deskripisi

Pengefraisan adalah suatu proses pelepasan logam dengan penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar. Dalam pengoperasian/pengefraisan jumlah logam tersayat adalah secepat putaran pisau pada kecepatan tinggi yang mempunyai ujung sayat banyak sehingga pekerjaan lebih cepat dan juga kualitas permukaan lebih baik dibanding pisau satu sisi sayat. Mesin Frais (*milling machine*) adalah satu dari banyak mesin perkakas yang terpenting di bengkel dan hampir semua pekerjaan bisa dilaksanakan dengan ketelitian tinggi

Kegiatan Belajar

Kegiatan Belajar 1

Mengamati :
Mengamati mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara

Menanya :
Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang jenis mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara serta fungsinya

Pengumpulan Data :
Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang jenis mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udaraserta fungsinya

Mengasosiasi :
Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara

Mengkomunikasikan :
Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara dalam bentuk lisan, tulisan, dan gambar.

Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan observasi dan tanya jawab denngan model pembelajaran Discovery Learning pada materi pokok Pengenalan dan penggunanaan mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara, diharapkan peserta didik terlibat aktif, dapat tanya jawab dan bekerja sama dalam kegiatan pembelajaran.

Mesin Frais

Pemesinan

Proses penyayatan material dimungkinkan secara manual atau menggunakan mesin dengan bantuan alat perkakas. Secara manual benda kerja dikerjakan oleh pahat tangan, kikir atau gergaji. Dalam hal pemesinan penyayatan dikontrol oleh gerakan alat perkakas atau benda kerja.

Mesin-mesin ini akan berfungsi jika ada alat pemotong (alat perkakas), sehingga disebut “Mesin Perkakas”, seperti mesin bubut (*turning/lathe machine*), mesin frais (*milling machine*), mesin gurdi /bor (*drilling machine*), mesin sekrap (*shaping machine*), mesin gerinda (*grinding machine*) dsb.

Pemeliharaan dan Perawatan Mesin Perkakas :

Mesin perkakas dibuat dengan ketelitian tinggi, oleh karena itu harganya mahal dan sensitif. Mesin-mesin ini harus ditangani secara hati-hati supaya awet dan tetap baik.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan mesin frais adalah

- Jangan menghidupkan mesin, bila tidak tahu cara pengoperasiannya. Kerusakan mesin dan kecelakaan mungkin terjadi.
- Lakukan pelumasan harian, kurang pelumasan menyebabkan lebih cepat aus.
- Sebelum mulai bekerja , periksa semua tuas dalam posisi benar
- Lindungi bidang luncuran dari benda asing seperti bram, bila tidak bidang luncuran akan capat aus, dan pekerjaan menjadi tidak teliti, serta bersihkan mesin secara teratur.
- Temperatur tetap terjaga tidak terlalu panas.
- Motor listrik harus dilindungi dari debu dan air
- Perhatikan poster-poster pencegahan kecelakaan.

Produksi yang Ekonomis

Benda kerja seharusnya dibuat dengan cara yang baik dan murah. Oleh karena itu aspek ekonomi menjadi faktor yang menentukan dalam pembuatan benda kerja.

Maksud pembuatan yang ekonomis :

- Benda kerja harus sesuai permintaan dalam hal material, bentuk, ketelitian ukuran dan kualitas permukaan.
- Waktu pengerjaan harus sesingkat mungkin.
- Biaya pengerjaan seharusnya serendah mungkin, seperti keausan alat pemotong dan mesin, konsumsi bahan baku dan alat bantu, juga konsumsi listrik harus rendah.

Pengefraisan

Pengefraisan adalah suatu proses pelepasan logam dengan penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar. Dalam pengoperasian/pengefraisan jumlah logam tersayat adalah secepat putaran pisau pada kecepatan tinggi yang mempunyai ujung sayat banyak sehingga pekerjaan lebih cepat dan juga kualitas permukaan lebih baik dibanding pisau satu sisi sayat. Mesin Frais (*milling machine*) adalah satu dari banyak mesin perkakas yang terpenting di bengkel dan hampir semua pekerjaan bisa dilaksanakan dengan ketelitian tinggi.

Lebih banyak pekerjaan yang bisa dilaksanakan di mesin frais dibanding mesin bubut dan bisa mengerjakan rata, kurva, alur heliks dsb. Beberapa pisau bisa dipasang pada arbor pada waktu bersamaan (*gang*), menambah jumlah logam yang disayat dan beberapa permukaan dikerjakan sekaligus. Juga memungkinkan memasang dua benda kerja atau lebih, satu dikerjakan yang lainnya terpasang, untuk menjamin kontinuitas. Selanjutnya dengan macam-macam pisau, mesin frais bisa menghasilkan berbagai bentuk permukaan.
Cara kerja pisau frais berbeda dari bor atau pisau bubut. Di dalam pengefraisan, ujung sayat pisau dijaga kontinuitasnya dalam kontak dengan bahan yang dipotong, siklus pengoperasian dengan pemindahan tatal yang dihasilkan oleh setiap gigi. Bagian-bagian penting dari pengefraisan ialah pisau frais, benda kerja, pemegang pisau, penjepit benda kerja, dan mesin frais. Banyak tipe mesin frais, dari yang sederhana sampai yang rumit, mesin yang dikontrol oleh komputer. Tiap mesin punya bidang pekerjaannya tersendiri. Beberapa mesin khusus mengerjakan satu jenis pekerjaan. Klasifikasi biasanya menurut disain umum. Mesin frais dibuat dengan variasi yang banyak seperti model, ukuran dan kapasitas, selanjutnya standar atau kekhususan.

Mesin Standar

Mesin Frais Lutut

Mesin ini mempunyai kemampuan yang banyak dalam membuat berbagai macam pengerjaan. Benda kerja berada di atas meja mesin, dan ada tiga gerakan yaitu

Vertikal (naik turun) gerakan lutut
Transversal (menyilang) gerakan sadel
Longitudinal (memanjang) gerakan meja

Bagian-bagian utama dari mesin frais lutut adalah :

Alas / *base* **:** sebagai fondasi mesin di mana semua bagian terpasang, dan menjadikan mesin kokoh dan kuat, kadang-kadang juga dipakai sebagai tempat air pendingin.
Kolom / *column* : sebagai rangka utama, motor dan mekanisme penggerak berada di sini, bagian depan atau muka kolom untuk mendukung dan menuntun lutut dalam gerakan vertikal.
Lutut / *knee* : yang menempel pada kolom di mana meja dan sadel terpasang dan bisa bergerak naik dan turun.
Sadel / *saddle* : sadel membawa dan mendukung meja serta tempat gerakan transversal, sadel ini dilengkapi dengan tingkatan gerakan yang tepat dan bisa digerakkan secara manual atau otomatis.
Meja / *table* : meja yang berada di atas sadel bergerak horisontal, tempat benda kerja, alat penjepit dan perlengkapan lainnya.
Spindel / *spindle* : spindel memperoleh daya dari motor melalui sabuk, roda gigi dan kopling serta diteruskan ke arbor.
Arbor / *arbor* : arbor adalah poros mesin yang memegang pisau frais dan memutarkannya. Sisi yang terpasang pada spindel berbentuk kerucut dan ada dua alur untuk pengunci posisi dan putaran.

Gambar 1 Mesin Frais

Pisau dipasang pada arbor secara kokoh dan ditahan oleh lengan (tipe horisontal). Spindel mesin berlubang dan berujung tirus dalam. Arbor dipasang pada bagian tirus dari spindel dan diikatkan oleh baut dan dikencang di bagian belakang spindel. Dalam ruangan kosong dari kolom, motor menggerakan poros lewat sabuk atau rantai, selanjutnya poros ini memerlukan putarannya lewat roda-roda gigi. Mengubah putaran spindel bisa secara mekanik (roda gigi pengganti) atau listrik.

Yang termasuk tipe mesin lutut ini adalah :

Mesin Frais Horisontal

Sumbu spindel dipasang pada struktur kolom pada arah horisontal dan umumnya tidak ada gerakan aksial, pisau mungkin dipasang pada arbor pendek atau arbor panjang. Putaran spindel bisa diubah arahnya, sadel yang bisa diputar ada pada mesin frais universal.

Gambar 2 Mesin Frais Horisontal

Mesin Frais Vertikal

Disebut mesin vertikal karena spindel posisinya vertikal, biasanya dapat bergerak arah aksial. Gerakan meja adalah memanjang, melintang. Kepala di mana spindel terpasang ada juga yang bisa berputar atau dimiringkan.

Gambar 3 Mesin Frais Vertikal

Mesin Frais Universal

Ciri utama dari mesin ini adalah mejanya bisa diputar dengan sumbu di sadelnya. Dengan kemampuan ini benda kerja bisa dipasang serong, sehingga pemotongan miring bisa dilakukan dan roda gigi heliks juga alur mata bor dengan mudah bisa dikerjakan pada mesin ini.

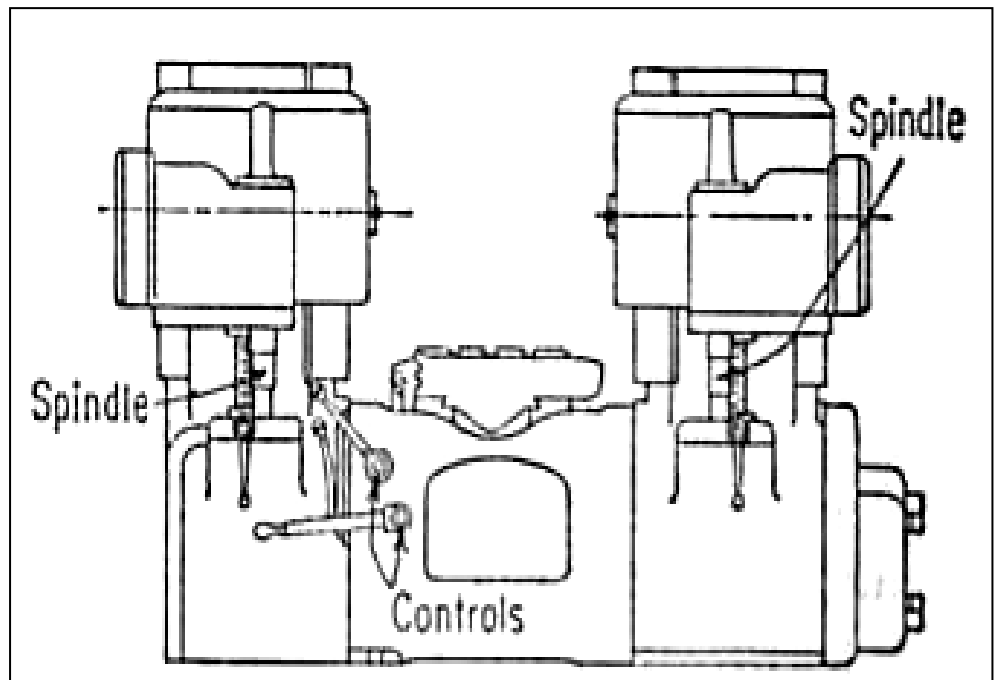
Gambar 4 Mesin Frais Universal

Mesin Frais Tipe Ram

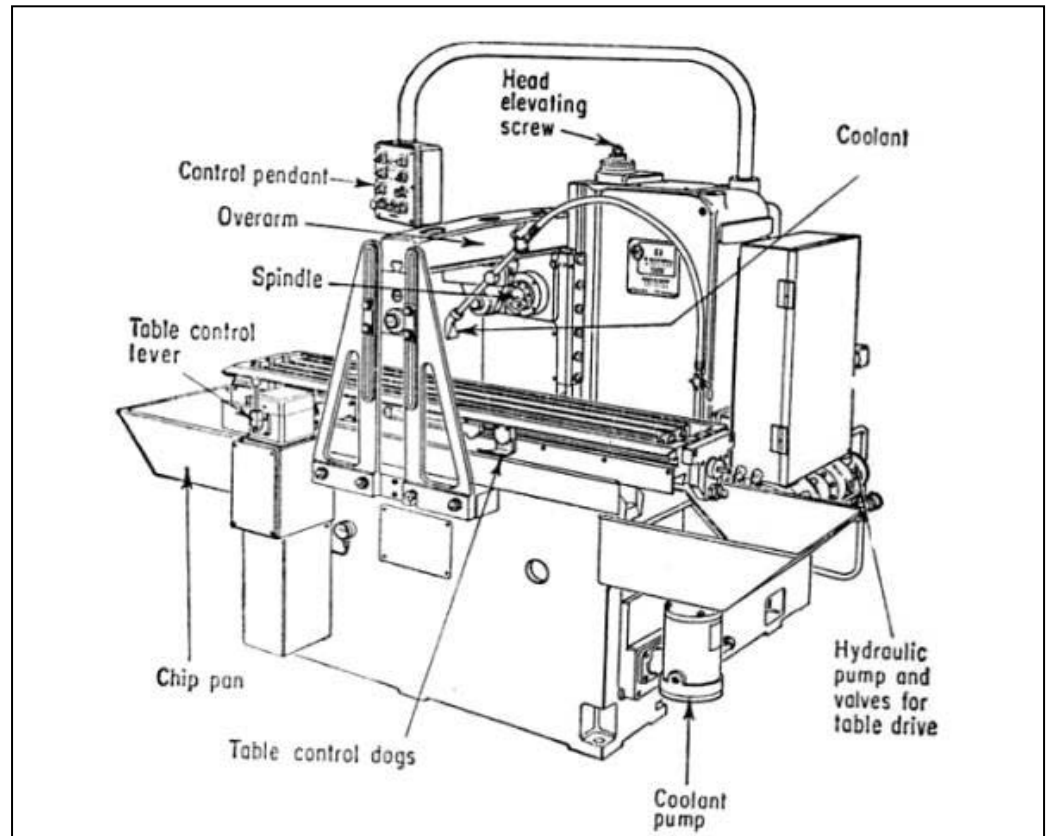
Bagian atas kolomnya, ram bisa bergerak paralel dengan arah gerakan sadel, di ujung ram , kepala spindel bisa berputar, sumbu spindelnya bisa diatur pada posisi vertikal atau horisontal atau menyudut. Dengan pengaturan berbagai posisi, mungkin menyelesaikan satu pekerjaan tanpa harus berpindah mesin.

Gambar 5 Mesin Frais Tipe Ram

Mesin Frais Tipe Eretan

Mesin tipe ini mempunyai karakteristik konstruksinya yang kokoh di mana eretannya terpasang manyatu dengan struktur utama. Eretan mendukung dan menuntun meja tempat benda kerja terpasang yang hanya bisa bergerak arah horisontal, dengan konstruksi seperti ini memungkinkan mengerjakan dan memotong benda kerja besar dan berat. Mesin tipe ini bisa mempunyai lebih dari satu spindel, baik vertikal maupun horisontal.

Gambar 6 Mesin Frais Tipe Eretan

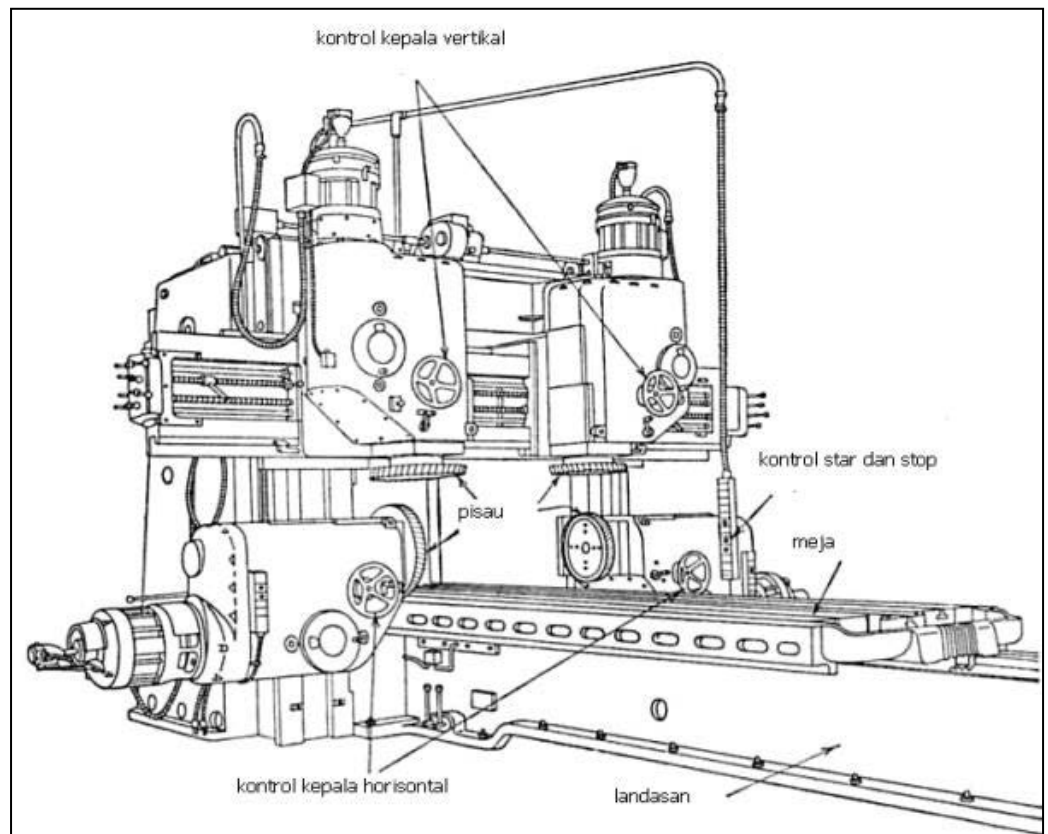
Mesin Horisontal

Dengan posisi horisontal menempatkan sumbu utama bisa digerakkan secara vertikal melalui pengaturan arah vertikal blok spindel, kepala atau sadel dan untuk arah melintang adalah gerakan spindel secara aksial. Mesin dengan satu spindel dikenal dengan nama simpleks dan dengan dua spindel disebut dupleks.

Gambar 7 Mesin Horisontal

Mesin Vertikal

Mesin vertikal berbeda dengan mesin horisontal, dengan posisi vertikal menempatkan sumbu utama bisa digerakkan / dipindahkan secara arah melintang dengan pengaturan kepala spindel yang bisa meluncur.

Mesin Frais Plano

Mesin frais besar ini adalah tipe mesin ketam, karena mesin ketam yang mengadopsi pekerjaan frais yang besar. Kepala spindel dipasang pada rel yang melintang di atas meja, mejanya bergerak sangat perlahan dengan kecepatan yang bisa dipilih pada arah horisontal. Untuk arah gerakan melintang dan vertikal adalah dari spindelnya. Beberapa kepala spindel bisa bekerja secara bersamaan, sehingga produksinya tinggi.

Gambar 8 Mesin Frais Plano

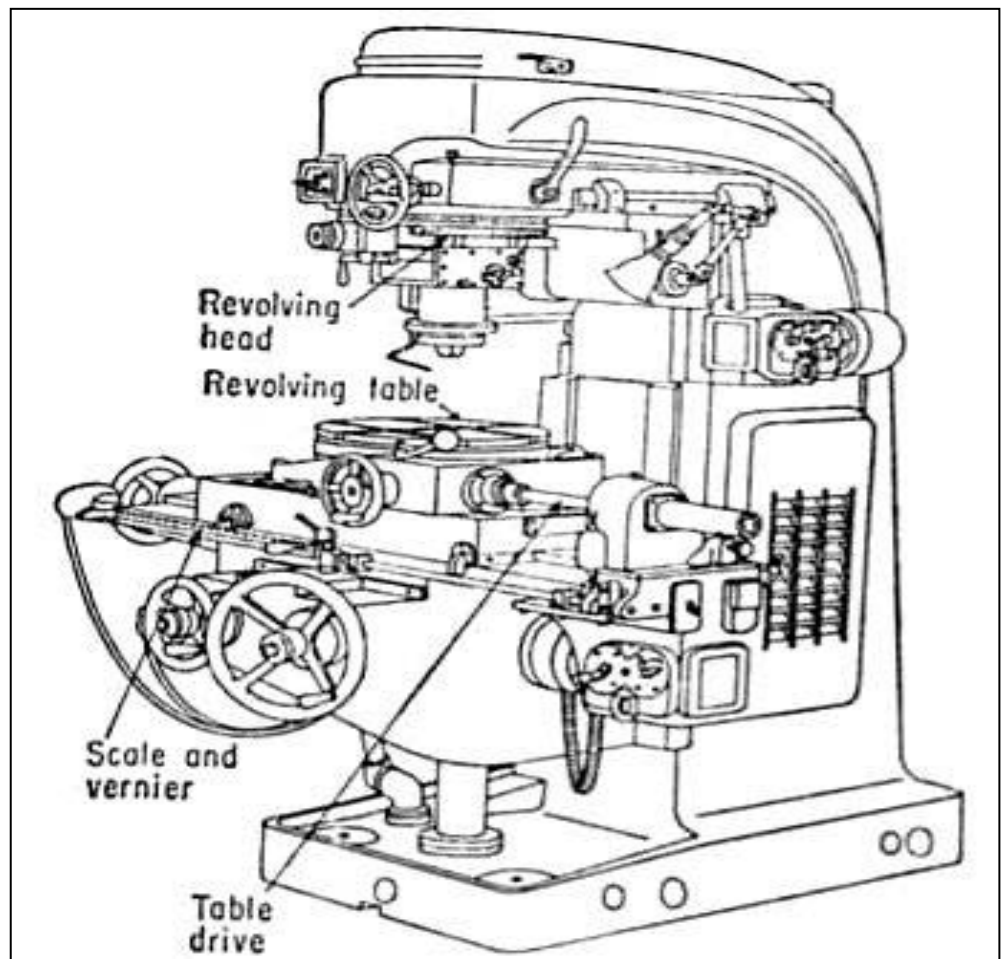
Mesin Frais Khusus

Mesin frais khusus adalah mesin tipe lutut atau tipe eretan yang standar dengan perubahan struktur atau mekanik, penambahan atau pengurangan atau menggabungkan beberapa bagian atau komponen khusus sehingga didapatkan disain tertentu.

Mesin Frais Meja Putar

Mesin ini adalah penyesuaian dari mesin frais vertikal, mempunyai spindel vertikal yang bisa melipat / memanjang dan digerakkan secara manual atau otomatis serta arah melingkar atau satu putaran penuh pada radius tertentu

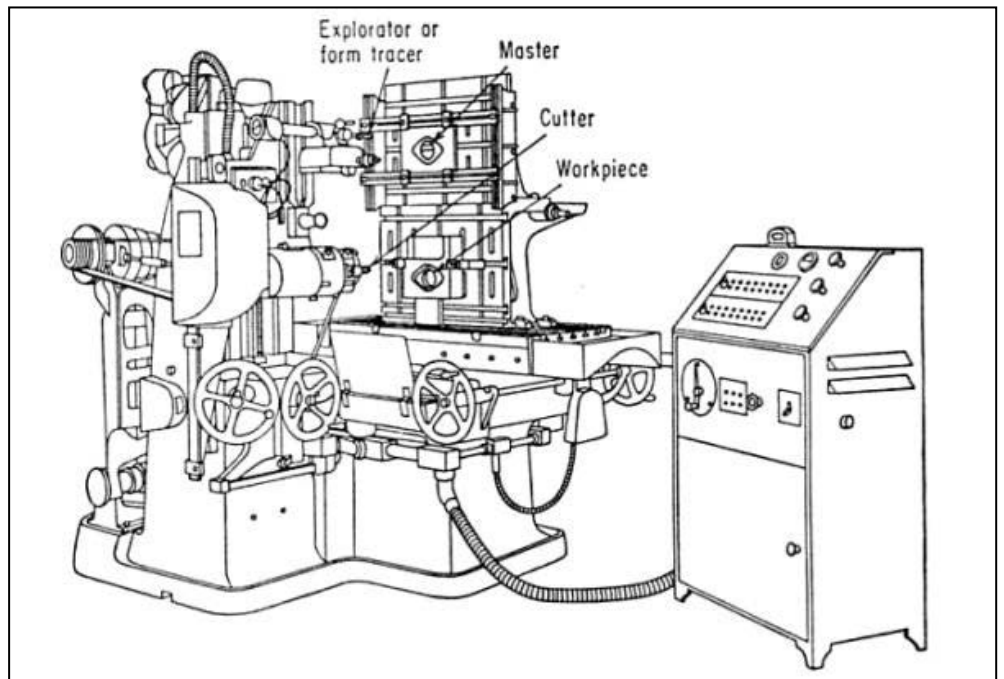
Mesin Frais Drum

Mesin frais drum digunakan hanya untuk pekerjaan produksi. Mesin tipe ini mempunyai kontrol drum vertikal yang berputar pada sumbu horisontal. Pada pengoperasiannya, drum berputar perlahan yang membawa benda kerja yang berlawanan dengan putaran pisau.

Gambar 9 Mesin Frais Meja Putar

Mesin Frais Profil

Mesin dengan spindel vertikal dan mempunyai satu sampai empat spindel pisau, pisau jari yang kecil, gerakan dikontrol secara manual atau otomatis.

Mesin Frais Duplikat

Mesin ini disebut juga *duplicator*, pengoperasian mesin ini bisa membentuk tiga dimensi, mal atau template digunakan pada mesin ini untuk replika dalam tiga dimensi pekerjaan yang bisa dilakukan untuk membuat cetakan-cetakan. Mesin yang unik, di mana benda kerja dijepit tetap, sementara pisaunya bergerak pada lintasan seperti planet baik untuk pekerjaan bagian luar maupun bagian dalam. Mesin ini dengan model spindel horisontal atau vertikal.

Gambar 10 Mesin Frais Duplikat

Rangkuman

Pengefraisan adalah suatu proses penyayatan benda kerja oleh pisau yang berputar

Mesin frais bisa mengerjakan rata, kurva, roda gigi, alur heliks dsb.

Tipe mesin frais antara lain adalah mesin frais horisontal. Mesin frais vertikal, mesin frais universal, mesin frais eretan, mesin frais duplikat dsb.

Tugas

Peserta didik menentukan fungsi dari masing-masing bagian utama mesin frais

Tes Formatif

Bagaimana cara pemeliharan dan perawatan mesin perkakas

Apa yang dimaksud dengan pembuatan benda kerja yang ekonomis ?

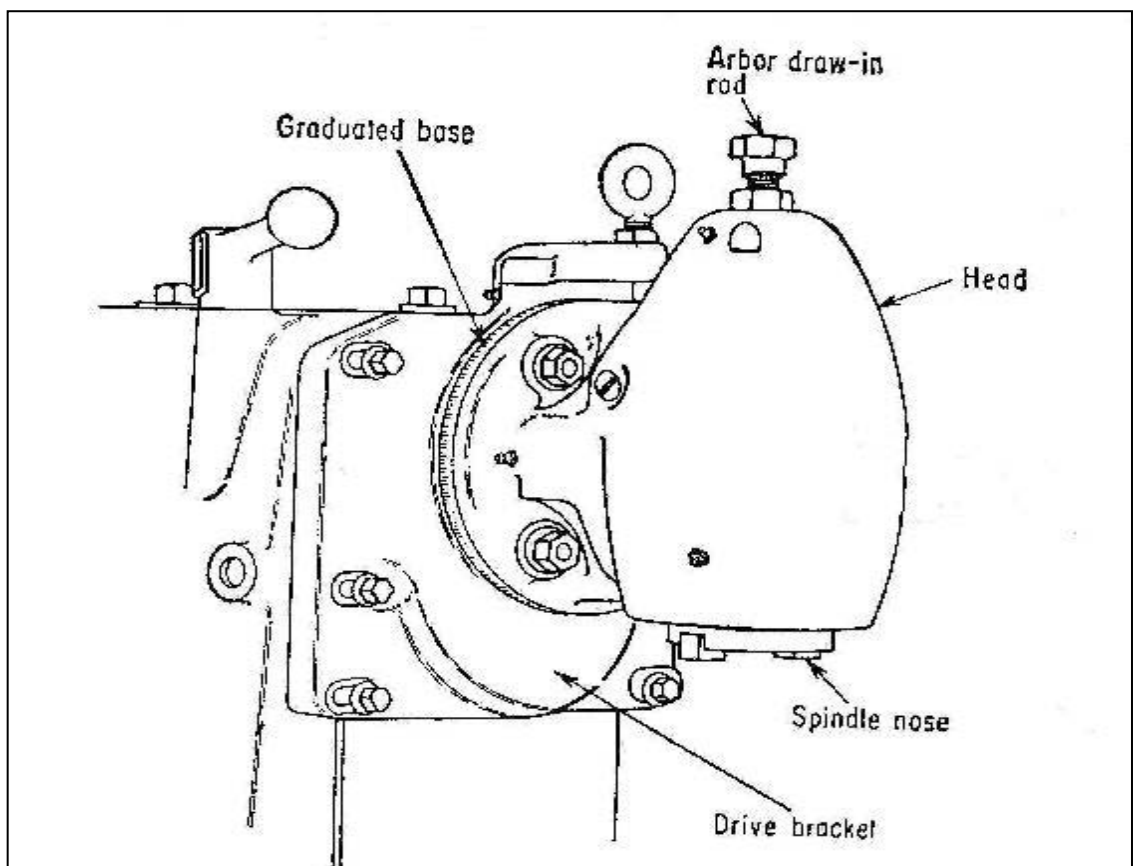
Sebutkan bagian-bagian utama mesin frais standar ?

Kunci Jawaban Tes Formatif

Perlengkapan Mesin Frais

Kepala Vertikal

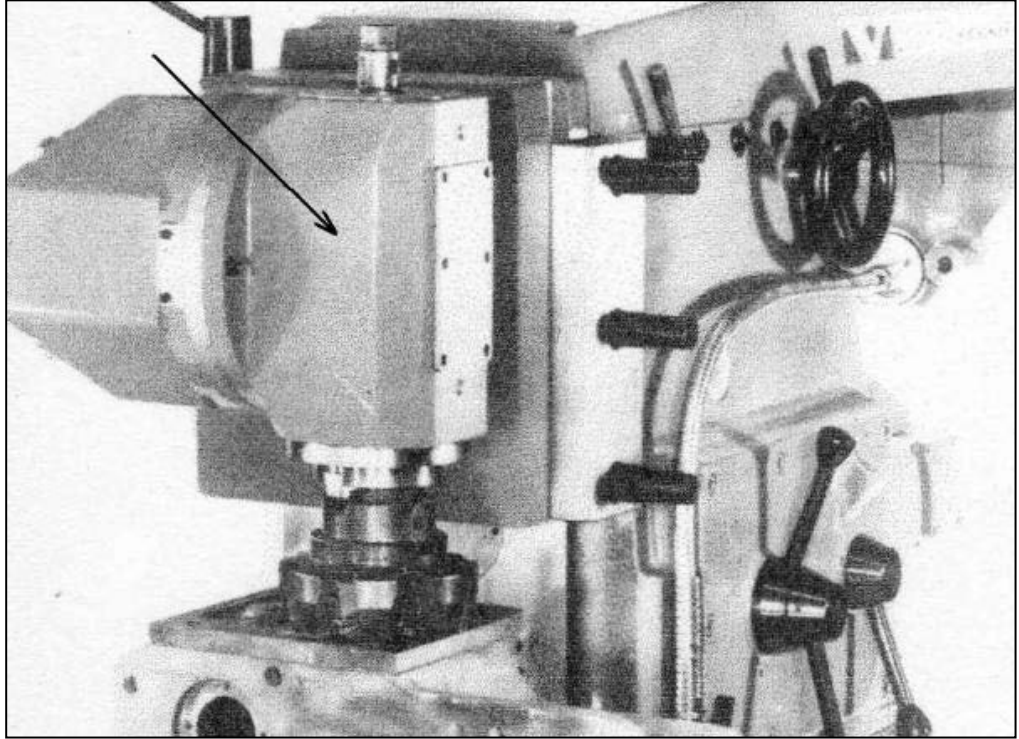
Perlengkapan ini digunakan untuk mengganti gerakan spindel horisontal menjadi gerakan spindel vertikal. Perlengkapan ini mempunyai roda gigi kerucut dengan rasio 1 : 1 dan sumbu spindel vertikal bisa juga diputar sampai 45º, parallel / sejajar terhadap kolom.

Dengan bantuan perlengkapan ini, mesin frais horisontal bisa mengerjakan alur, celah dsb dengan memakai pisau jari. Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan digerakkan oleh spindel horisontal.

Gambar 11 Kepala Vertikal Mesin Frais

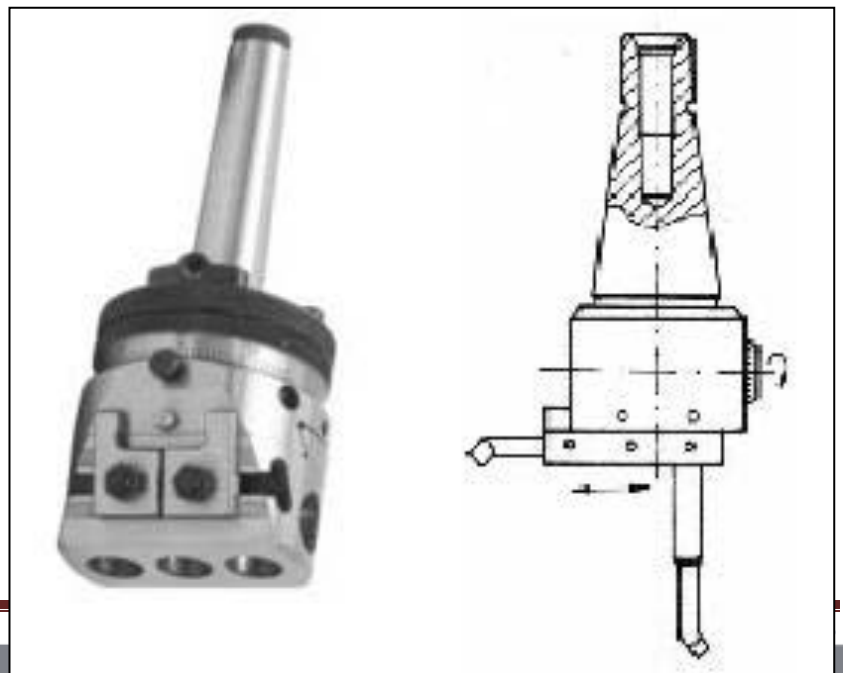
Kepala Frais Kecepatan Tinggi

Dengan bantuan perlengkapan ini, kecepatan spindel bisa ditambah tiga sampai empat kalinya, sehingga memungkinkan pisau kecil dijalankan secara efisien, juga perlengkapan ini bisa diputar pada sudut yang diinginkan.

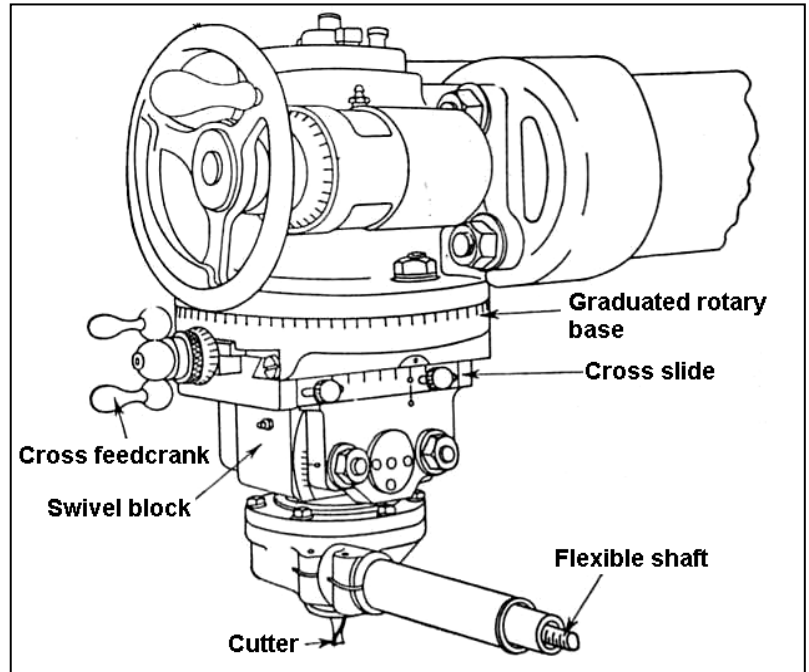
Kepala Frais Universal

Mirip seperti kepala vertikal yang bisa berputar (*swivel*), tetapi pempunyai dua sumbu bersudut 90° satu dengan lainnya. Gerakan ini bisa diperoleh sumbu spindel dengan sudut tertentu. Dengan gerakan otomatis pekerjaan seperti heliks, spiral, dan sejenisnya bisa dilakukan.

Gambar 12 Kepala Frais Universal

Bor Geser

Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan digerakkan oleh spindel mesin atau ada yang dipasang pada kepala vertikal. Perlengkapan ini untuk membuat lubang besar pada mesin frais. Pada satu ujung dari alat ini dipasang pahat.

Gambar 13 Bor Geser

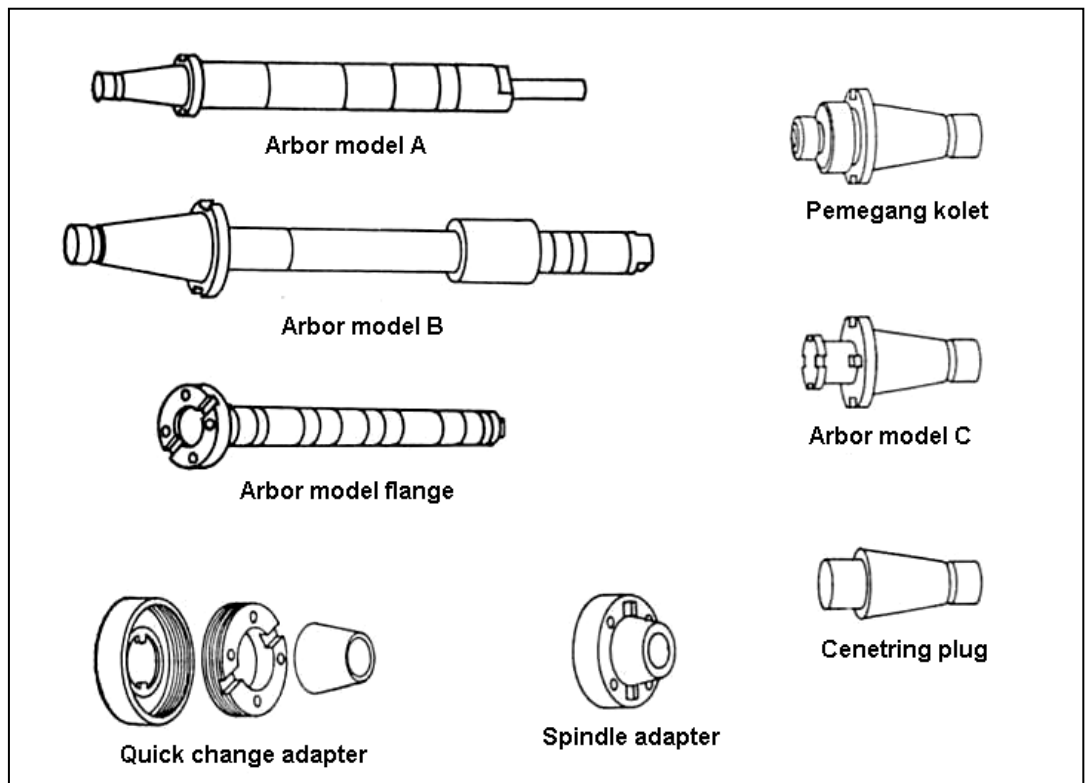
Kepala Frais Putar

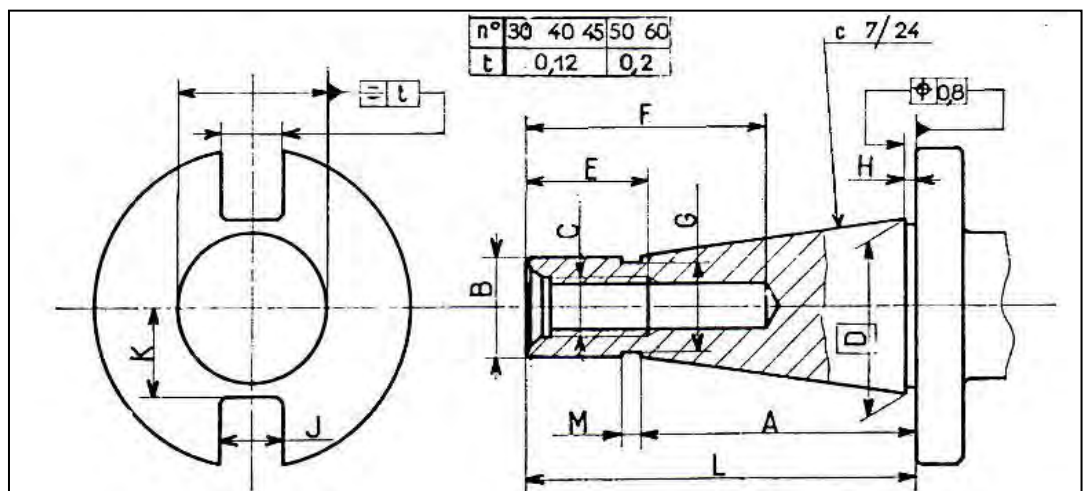
Perlengkapan ini dipasang pada kolom dan mempunyai spindel tersendiri yang digerakkan melalui poros fleksibel serta menggunakan pisau diameter kecil. Normalnya sumbu spindel vertikal, namun bisa disetel sampai 15 derajat, melalui luncuran melintang sumbu vertikal bisa diputar secara manual.

Gambar 14 Kepala Frais Putar

Arbor

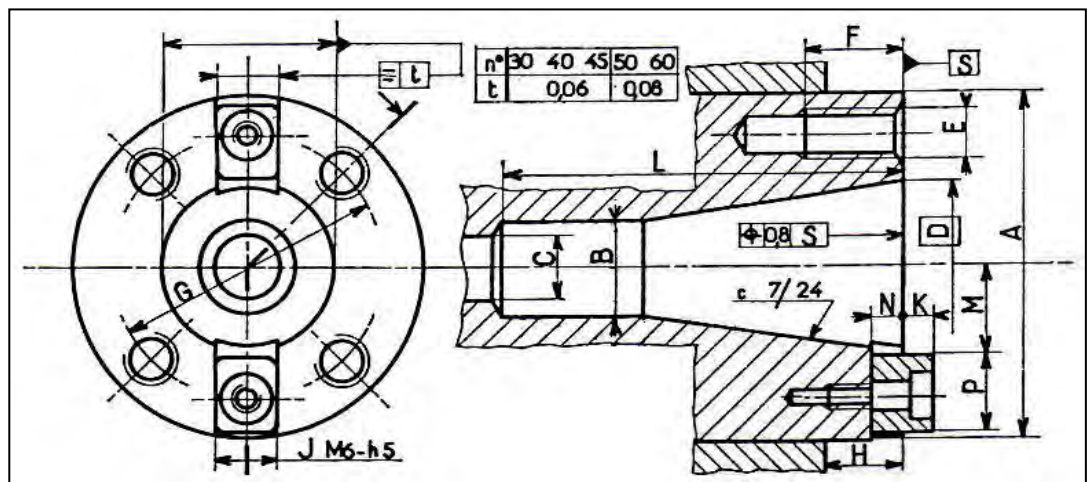
Beberapa pisau mempunyai batang tirus dan dibaut, bisa langsung dipasang pada ujung spindel. Arbor adalah pemegang pisau frais yang dipasangkan pada spindel mesin, yang bisa diperoleh macam-macam diameter, panjang, dan ketirusan standar, serta yang paling banyak digunakan tirus nomor 40 dan 50. (lihat tabel Arbor)

Gambar 15 Arbor dan Kolet

Ada empat model poros arbor yang popular yaitu :

Gambar 16 Arbor Panjang, Arbor Kolet, Arbor Shell End Mill

Arbor model A yang mempunyai diameter poros dan cincin kecil, digunakan untuk penyayatan ringan.
Arbor model B yang mempunyai diameter poros dan cincin besar, digunakan untuk penyayatan berat dengan satu atau lebih penyangga.
Arbor model C digunakan untuk memegang pisau *Shell and Mill.*
Arbor dengan kolet, yang mana penggantian pisau frais diameter berbeda dengan cepat bisa diganti.

Gambar 17 Standar Ketirusan Arbor

Tabel 1 Ukuran Arbor Standar

No.	D	B a10	L max	A min	C	E	F	G	J H12	K Max	M	H
30	31,75	17,4	70	50	M 12	24	50	16,5	16,1	16,2	3	1,6
40	44,45	25,3	95	67	M 16	30	70	24	16,1	22,5	5	1,6
45	57,15	32,4	115	88	M 16	30	70	30	20,3	29	6,5	3,2
50	69,85	39,6	130	105	M 24	45	90	38	25,7	35,3	8	3,2
60	107,95	60,2	210	165	M 30	56	160	58	25,7	60	10	3,2

Gambar 18 Standar Ketirusan Spindel

Tabel 2 Ukuran Spindel Standar

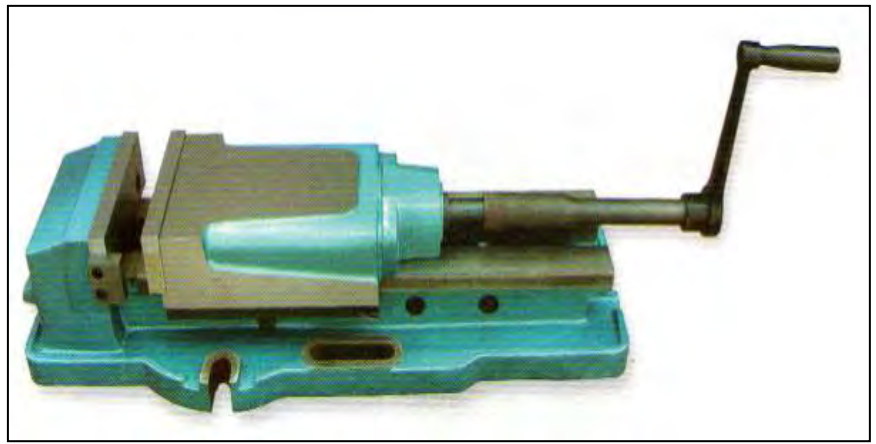
No.	D	A h5	B H12	C min	L max	E	F min	G J12	H min	J M6-h5	K max	M min	N min	P max
30	31,75	69,832	17,4	17	73	M 10	16	54	12,5	15,9	8	16,5	8	16,5
40	44,45	88,882	25,3	17	100	M 12	20	66,7	16	15,9	8	23	8	19,5
45	57,15	106	32,4	21	120	M 12	20	80	18	20	10	30	10	20
50	69,85	128,57	39,6	27	140	M 16	25	101,6	19	25,4	12,5	36	12,5	26,5
60	107,95	221,44	60,2	35	220	M 20	30	177,8	38	25,4	12,5	61	12,5	45,5

Ragum Mesin

Ragum mesin frais dipasang dan dibaut di atas meja mesin, yang akan menjamin pemegangan dan ketelitian benda kerja. Ukuran nominalnya 5, 6, 7, 8, dan 9 inci diukur dari panjang rahang.

Ada tiga tipe ragum :

- Lurus (*Plain*)
- Putar (*Swivel*)
- Universal (*Tool Maker Unversal*)

Ragum lurus bisa dibaut di atas meja baik sejajar atau tegak lurus terhadap spindel mesin.

Gambar 19 Ragum Lurus

Ragum putar dapat diputar pada arah horisontal dan dapat digunakan untuk pemegangan benda kerja yang disayat dengan berbagai sudut.

Gambar 20 Ragum Putar

Ragum universal dibuat dengan dua atau tiga arah putaran, memungkinkan benda kerja diset pada berbagai sudut yang diinginkan, namun ukuran benda kerja yang bisa dipasang pada ragum ini terbatas.

Gambar 21 Ragum Universal

Cekam

Biasanya cekam mempunyai rahang tiga, digunakan untuk memegang benda kerja bentuk selinder, baik bagian luar maupun bagian dalam. Dipasang langsung di atas meja mesin, meja putar atau kepala pembagi.

Gambar 22 Cekam

Rangkuman

Tugas

Peserta didik diberikan dua buah arbor yang berbeda nomornya (ukurannya) dan alat ukur mistar sorong. Peseta didik mengukur bagian-bagian dari arbor dan mencatatnya ukuran-ukuran seperti gambar

Tabel 3 Ukuran Arbor di Bengkel Frais

No.	D	B a10	L max	A min	C	E	F	G	J H12	K Max	M	H
30												
40												
45												
50												
60												

Jika terjadi perbedaan ukuran antara arbor yang ada di bengkel frais dibanding ukuran arbor standar, apa penyebabnya dan apa yang harus dilakukan untuk mencegah selisih ukuran juga apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki atau menstandarkan kemabli ukuran tersebut !

Kepala Pembagi

Dalam pengefraisan kadang-kadang memerlukan putaran benda kerja yang benar pembagiannya untuk disayat, seperti alur, celah dsb. Ketepatan gang (celah) sangat penting, khususnya bila pekerjaannya teliti seperti roda gigi, pisau roda gigi frais dsb. Pada benda kerja putar dengan sudut tertentu bisa dibantu oleh perlengkapan mesin frais yang disebut Kepala Pembagi.

Kepala pembagi ini membantu dalam membagi benda kerja menjadi bagian yang sama seperti segitiga, segienam dst. Untuk memutar benda kerja pada sudut yang diinginkan, memerlukan pertama alat untuk memutarkan benda kerja, kedua alat yang dapat menjamin bahwa benda kerja diputar pada sudut yang diinginkan.

Gambar 23 Set Kepala Pembagi

Pada kepala pembagi, yang pertama diatasi oleh engkol pemutar dan yang kedua oleh piring pembagi. Piring pembagi mempunyai sejumlah lubang konsentrikal yang teratur, setiap lingkran mempunyai sejumlah lubang dengan jarak yang sama. Engkol bisa diputar di tengah sumbu piringan dan mmpunyai pen yang mengunci pada lubang di piring pebagi.

Di dalam kepala pembagi ada roda gigi cacing dengan rasio 40 : 1, di mana cacingnya satu poros dengan engkol, sehingga bila engkol diputar 40 putaran, maka roda gigi cacing yang seporos dengan benda kerja terpasang akan berputar 1 kali putaran. Untuk mempercepat penempatan pen dan menjamin hitungan, digunakan gunting

(brace). Sumbu spindelnya bisa diatur dari sudut horisontal sampai vertikal, menggunakan pembawa, mandrel atau cekam.

Gambar 24 Pemasangan Kepala Pembagi

Pengoperasiannya bisa manual atau otomatis. Bila pengoperasiannya otomatis, harus dihubungkan dengan poros transportir meja mesin frais, dengan demikian bisa dikerjakan benda kerja heliks, spiral, bubungan (*cam*) dsb. Ada beberapa metoda pembagian pada kepala pembagi :

Pembagian Langsung

Pada poros pembagi dipasang sebuah pelat pembagi dengan 24 lubang secara tetap, yang dapat dikunci dengan sebuah pasak, maka terdapat kemungkinan untuk mendapatkan pembagian lingkaran dalam 2, 3, 4, 6, 8, 12, dan 24 bagian.
Supaya dapat bekerja dengan cepat dan mudah, hubungan cacingnya dilepaskan, dengan demikian benda kerjanya dapat langsung diputar.

Gambar 25 Pelat Pembagian Langsung

Pembagian Tidak Langsung

Pembagian tidak langsung dilakukan dengan tangan pada waktu masuknya penggerakkan cacing. Piringan pembagi dihubungkan pada rangkanya. Piring pembagi pada poros pembagi – poros roda cacing – hanya berfungsi pada pembagian langsung dan pada semua pembagian lainnya, jika tidak digunakan, hubungan itu dilepaskan.

Cacing yang menggerakkan, berulir tunggal dan roda gigi cacing mempunyai 40 gigi, perpindahan antara cacing dan roda cacing adalah i = 40/1 .

Supaya benda kerja berputar satu kali putaran, engkolnya harus berputar 40 kali. Bila keliling sebuah benda kerja harus dibagi dalam 10 bagian yang sama, kita bagi putaran engkol sebanyak 40, yang diperlukan untuk satu putaran benda kerja itu dengan 10, maka jumlah putaran engkol untuk tiap bagian adalah 40 : 10 = 4

Gambar 26 Piring Pembagi

Piring pembagi yang biasa digunakan :

A 1

30 – 41 – 43 – 48 – 51 – 57 – 69 – 81 – 91 – 99 – 117

2

38 – 42 – 47 – 49 – 53 – 59 – 77 – 87 – 93 – 111 - 119

B 1

15 – 16 – 17 – 18 – 19 - 20

2

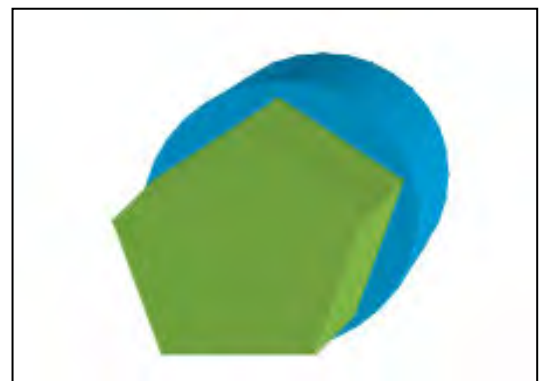
21 – 23 – 27 – 29 – 31 - 33

3	37 – 39 – 41 – 43 – 47 – 49

Jumlah putaran engkol menggunakan rumus :

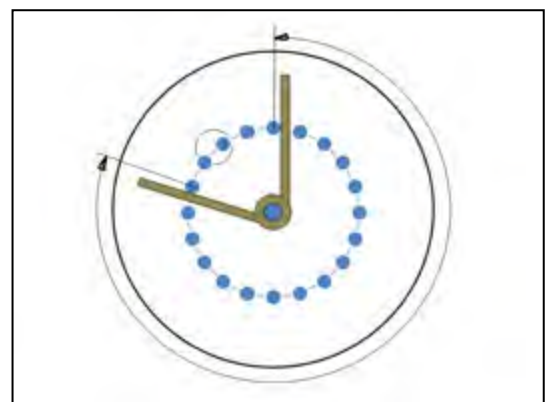
$$E = \frac{Z}{N}$$

di mana : E = jumlah putaran engkol
Z = jumlah gigi pada roda gigi cacing (40)
N = jumlah pembagian yang diinginkan

Contoh 1 :
Sebuah benda selinder, klilingnya akan dibuat 5 sisi yang sama besar, berapa putaran engkolnya ?
Error! Reference source not found.
(letak pen pembagi : tetap)

Gambar 27 Segilima Beraturan

Contoh 2 :
Keliling sebuah benda kerja harus dibagi dalam 50 bagian yang sama. Jumlah putaran engkol tiap pembagian adalah :

$$n = \frac{40}{50} = \frac{4}{5}$$

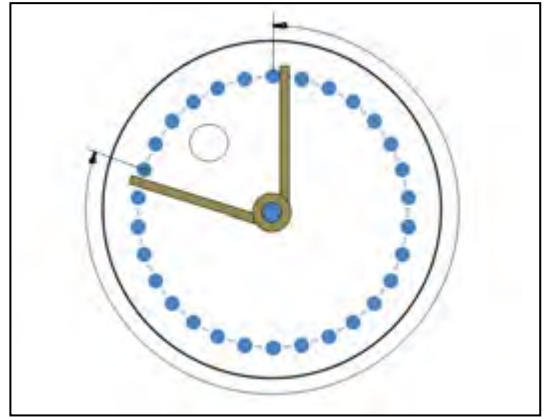
Jad**Error! Reference source not found.**i engkol harus diputar 4/5 putaran tiap pembagian. Untuk dapat melakukannya, kita gunakan sebuah piring pembagi dengan lingkaran lubang-lubang yang bisa dibagi 5.
Lingkaran lubang yang digunakan adalah 20 atau 30 , misal yang dipilih adalah 20,

Gambar 28 Piring Pembagi 16 Bagian pada 20 Lubang

Jumlah bagian engkol yang harus diputar adalah :

$$n = \frac{4}{5} \text{ x } 20 = 16 \text{ bagian}$$

Sekarang stel guntingnya pada 16 bagian dari lingkaran 20 lubang. Lihat gambar

Jika yang dipilih adalah 30 lubang, jumlah bagian engkol yang harus diputar adalah :

$$n = \frac{4}{5} \text{ x } 30 = 24 \text{ bagian}$$

Sekarang stel guntingnya pada 24 bagian dari lingkaran 30 lubang

Lihat gambar

Gambar 29 Piring Pembagi 24 Bagian pada 30 Lubang

Pembagian Diferensial

Ada pembagian yang tidak dapat dilakukan dengan pembagian tidak langsung, untuk itu digunakan pembagian diferensial. Misal sebuah benda kerja harus dibagi 127 bagian, jika harus dilakukan pembagian tidak langsung, digunakan piringan dengan 127 lubang. Putaran engkolnya adalah

$$n = \frac{40}{127} \text{ putaran}$$

Piringan pembagi dengan 127 lubang tidak ada, pemecahannya adalah dengan pembagian diferensial. Untuk mendapatkan pembagian 127, harus dipilih sebuah bilangan pembagi pembantu, yang jumlah putaran engkolnya dapat dilakukan oleh piringan pembagi yang ada, misalnya 120. Maka putaran engkolnya tiap bagian adalah :

$$n = \frac{40}{120} = \frac{1}{3} \text{ putaran}$$

Error! Reference source not found.

Bila engkolnya telah diputarkan 120 kali 1/3 putaran, benda kerjanya berputar satu kali, maka benda kerja tersebut mempunyai 120 bagian, jumlah ini kurang 7 bagian, seharusnya 127 bagian. Pembagian 1/3 putaran engkol terlalu besar. 1/3 putaran engkol bisa diperkecil dengan memutar piring pembagi ke arah yang berlawanan denan putaran engkol. Hal ini dicapai dengan menggerakkan piring pembagi oleh poros roda cacing dengan bantuan roda-roda gigi tukar. Piring pembagi tidak boleh dikunci.

Bila dipilih piring pembagi dengan 18 lubang untuk 1/3 putaran engkol, engkolnya harus diputar 6 jarak pembagiannya. Hal ini sama dengan 127 x 6 = 762 jarak

setelah 127 pembagian. Tetapi benda kerjanya telah berputar satu kali setelah 40 x 18 = 720 jarak, jadi piring pembaginya

$$U = \frac{42}{18} = \frac{7}{3}$$

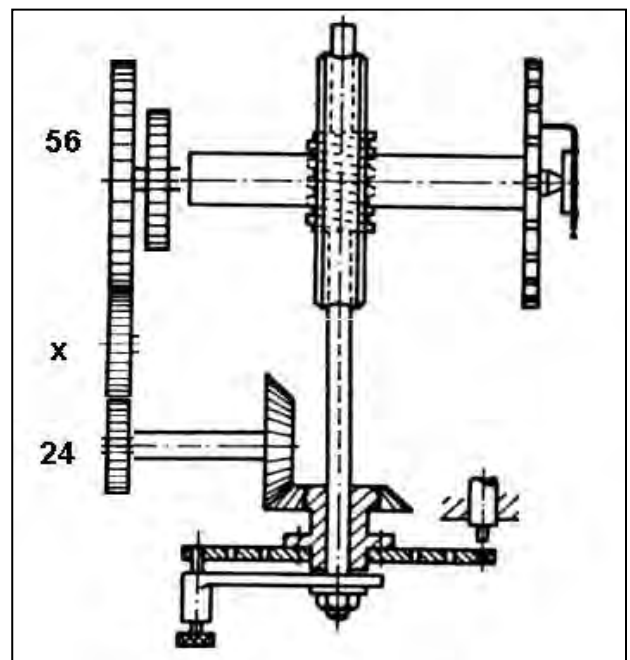
kelebihan putaran 762 – 720 = 42 jarak. Dengan demikian benda kerja berputar satu putaran, piring pembagi harus berputar berlawanan arah dengan engkol sejumlah 42 bagian. Maka perbandingan roda gigi tukarnya adalah :

Satu set roda-roda gigi tukar tersedia sebagai berikut :

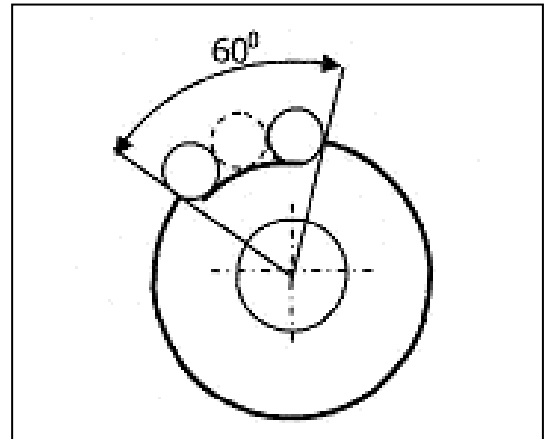
I = 24 – 24 – 28 – 32 – 40 – 48 – 56 – 64 – 72 – 86 – 100 – 127 gigi
II = 24 – 24 – 28 – 32 – 36 - 40 – 44 - 48 – 56 – 64 – 72 – 86 – 100 – 127 gigi
III = 24 – 28 – 30 - 32 – 39 - 40 – 48 – 48 - 56 – 64 – 68 - 72 – 76 - 86 – 96 - 100 – 127 gigi
IV = 24 – 28 – 30 - 32 – 36 - 37 - 40 – 48 – 48 – 49 - 56 – 60 - 64 – 66 - 68 - 72 – 76 – 78 – 80 – 84 - 86 – 90 - 96 - 100 – 127 gigi

Roda-roda gigi tukar yang dipilih

$$U = \frac{7 x 8}{3 x 8} = \frac{56}{24}$$

Skema roda-roda gigi tukarnya seperti gambar berikut. Untuk menghilangkan kelonggaran antar roda-roda gigi tukarnya, maka pilihlah bilangan pembagi pembantu yang lebih kecil dari pembagian yang seharusnya.

Gambar 30 Skema Pembagian Diferensial

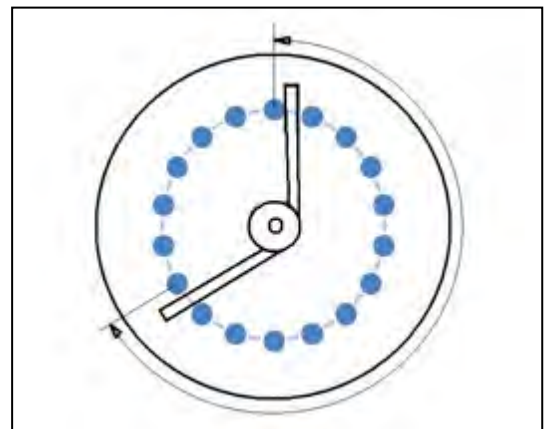
Pembagian Derajat

Satu putaran benda kerja adalah sama dengan 360^o dan dicapai oleh engkol sebanyak 40 putaran, sehingga satu putaran engkol sama dengan 360^o : 40 = 9^o , dengan demikian untuk mendapatan 1^o gerakan benda kerja bisa dicapai dengan 2 jarak dari lingkaran pembagi pada 18 lubang (18 lubang dibagi 9^o), dan untuk mendapatkan 30' gerakan benda kerja bisa dicapai dengan 1 jarak lingkaran pembagi pada 18 lubang.

Gambar 31 Pengefraisan Sudut

Contoh :

Suatu piringan harus dibuat alur selebar sudut 60^0.

Putaran engkol yang diperlukan :

Jika digunakan piring pembagi dengan lubang 18 didapatkan 6 putaran engkol penuh ditambah 12 bagian pada lubang 18 dari piring pembagi.

Gambar 32 Piring Pembagi 12 Bagian pada 18 Lubang

$$E = \frac{60}{9^o} = 6\,\frac{6}{9} = 6\,\frac{12}{18}$$

Meja Putar

Meja putar adalah perlengkapan untuk penempatan benda kerja yang presisi. Memungkinkan operator untuk mengebor atau memotong benda kerja pada interval keliling yang tepat pada sumbu horizontal atau vertical.

Meja putar kebanyakan dipasang mendatar, meja berputar sekitar sumbu vertical, sejajar dengan pisau pada mesin frais vertical. Alternatif pemasangan meja putar pada ujungnya (sudut 90^o), sehingga putarannya sekitar sumbu horizontal. Konfigurasi begini kepala lepas bisa dipasangkan untuk memegang benda kerja di antara dua senter.

Gambar 33 Meja Putar (Rotary Table)

Rangkuman

Tugas

Tes Formatif

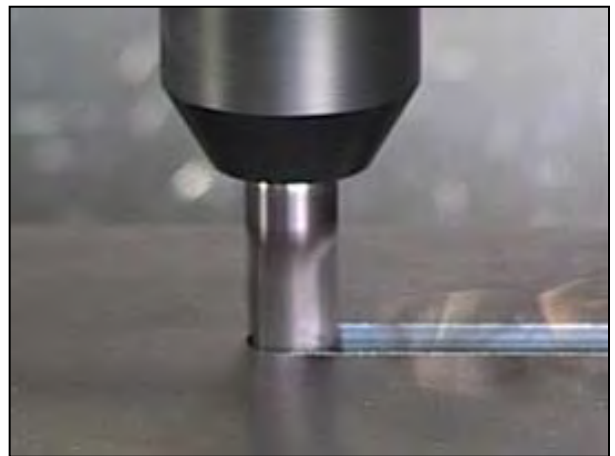
Apa saja perlengkapan mesin frais yang biasa dipergunakan di bengkel ?

Bagaimana urutan proses pembuatan lubang yang besar di mesin frais, jika tidak ada pisau yang besar ?

Perlengkapan apa saja yang diperlukan untuk membuat benda selinder menjadi 8 (delapan) bagian yang sama ?

Proses Pengefraisan

Rendah atau tingginya produktivitas kerja, tergantung pada proses pengerjaan yang benar, oleh karena itu harus diperhatikan beberapa hal berikut :

- Penjepitan benda kerja
- Pemilihan putaran pisau (RPM)
- Memilih Penyayatan
- Pengefraisan searah dan berlawanan arah
- Faktor yang perlu dipertimbangkan
- Proses pengefraisan

Gambar 34 Pengefraisan Alur Lurus

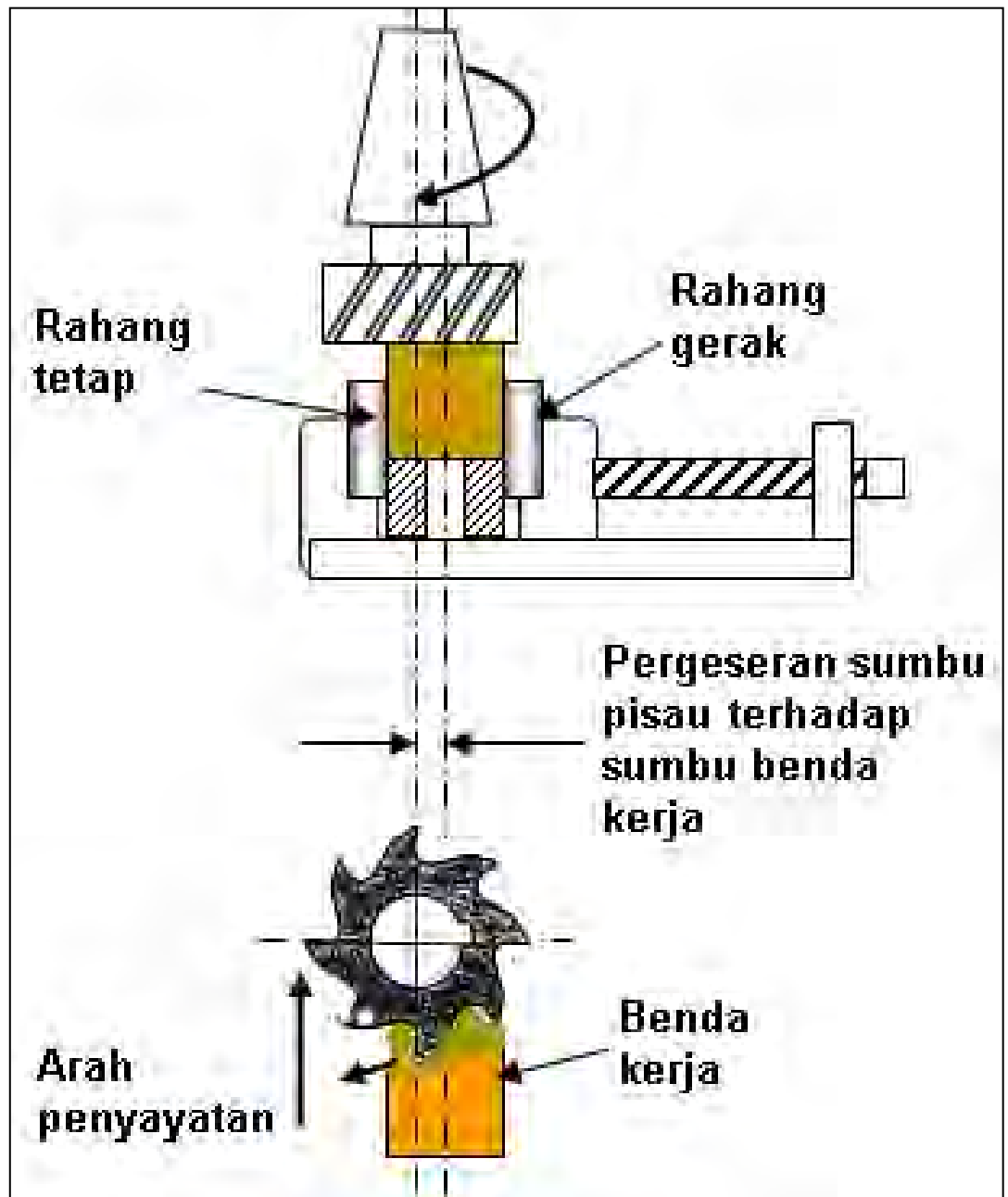
Penyetelan

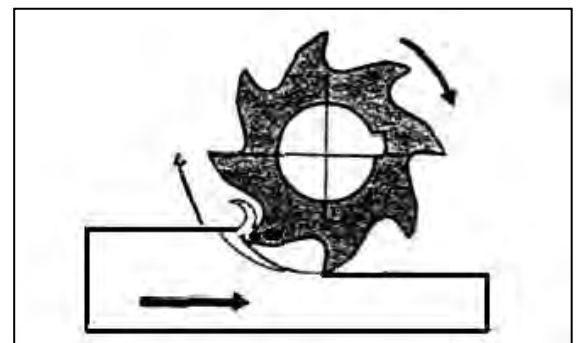
Penjepitan Benda Kerja

Benda kerja harus dijepit secara kuat dan aman. Jika lepas selama proses pemesinan, benda kerja akan rusak dan mungkin pisaunya pecah. Benda kerja tunggal dijepit pada ragum mesin, atau benda kerjanya dijepit pada meja mesin oleh klem dan baut klem.

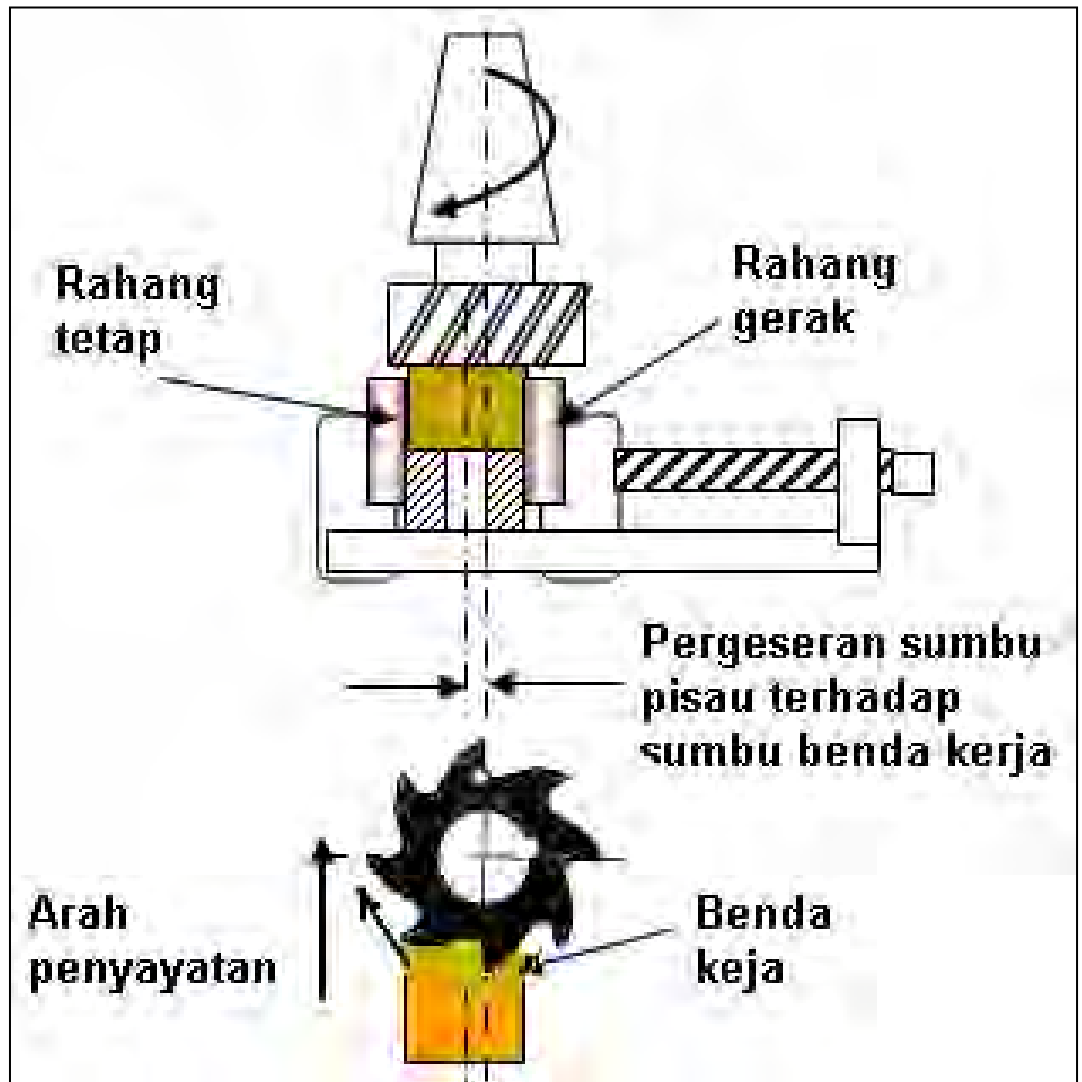
Untuk pemesinan beberapa bagian dengan ukuran sama perlengkapan jepit digunakan. Keuntungannya bahwa penyetelan tidak perlu setiap saat. Untuk menghemat waktu, penjepit yang sama digunakan. Ketika penyayatan satu benda kerja, benda kerja yang lain dijepit pada penjepit kedua. Metoda kerja ini disebut pengefraisan bolak-balik (*reciprocal*).

Pengefraisan Berlawanan Arah

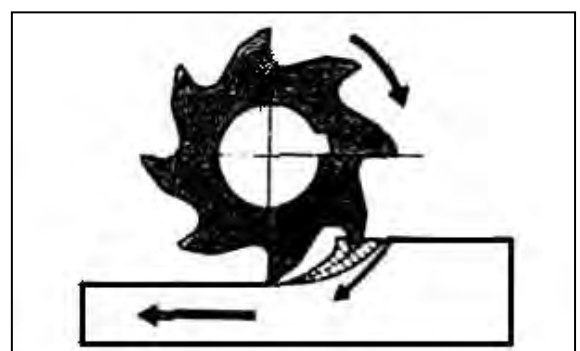
Cara pengefraisan bisa dilaksanakan dengan dua cara, yaitu cara pertama gigi pisau bergerak berlawanan arah terhadap arah penyayatan benda kerja (*up milling / conventional milling*), cara kedua gigi pisau bergerak searah terhadap arah penyayatan benda kerja (*down milling / climb milling*).

Gambar 35 Pengefraisan Berlawanan Arah

Dalam pengefraisan berlawanan arah, setiap gigi memulai penyayatan logam yang tipis kemudian menebal. Pada pengefraisan ini daya untuk pisau frais pada ujung penyayatan lebih besar, dan ada tendensi mengangkat benda kerja dari penjepit, juga tatalnya akan menempel pada pisau.

Gambar 36 Penyayatan Berlawanan Arah

Pengefraisan Searah

Dalam pengefraisan searah, mengambil tatal dengan tebal maksimum pada permukaan dan menipis pada ujung penyayatan. Pengefraian searah ini didapat permukaan akhir yang lebih baik, dan sangat efisien, serta pendinginan lebih mudah.

Gambar 37 Pengefraisan Searah

Arah gaya pemotongan pada pengefraisan searah, menekan benda kerja pada penjepit, sehingga tidak perlu yang rumit untuk memegang benda kerja, cocok untuk benda kerja tipis.

Pada pengefraisan searah tatal terkumpul di belakang daerah kerja dan di luar arah pisau, menghasilkan

Gambar 38 Penyayatan Searah

permukaan akhir yang lebih baik dan tidak mungkin tatal menempel pada gigi pisau.
Jalannya pisau tidak dipengaruhi oleh bagian yang sudah disayat dan bebas bergerak mengikuti ketelitian dan kekakuan mesin. Satu hal yang harus diperhatikan ialah tidak boleh ada kelonggaran dari gerakan meja yang bisa menyebabkan kerusakan pisau dan benda kerja dan permukaan yang jelek

Faktor Pertimbangan

eeeee. Memilih Mesin Frais

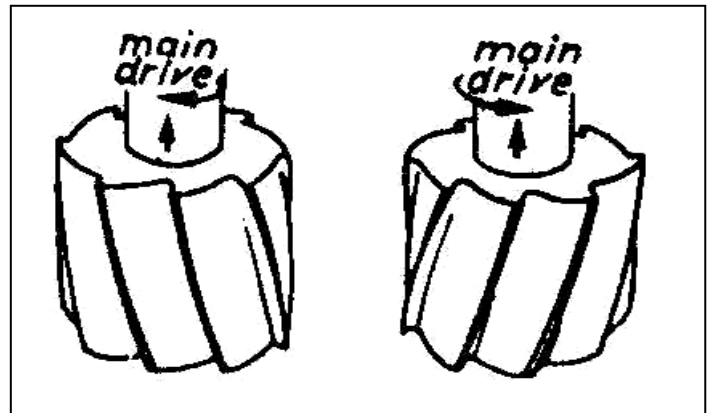
Beberapa faktor yang dipertimbangkan dalam memilih mesin frais, sebelum memutuskan untuk menggunakan mesin frais vertikal, mesin frais horisontal atau mesin frais universal. Kapasitas penyayatan dari pisau dan kualitas permukaan benda kerja tergantung pada ujung sayat pisau frais. Bentuk baji ini dibuat dengan cara pengefraisan. Ukuran sudutnya tergantung pada bahan.
Cara penjepitan benda kerja terbaik seharusnya selalu dipelajari dengan hati-hati.

Bagaimanapun adalah penting bahwa proses pemesinan harus tetap dapat diamati, sebagai contoh, pengefraisan cetakan, pekerjaan yang paling baik adalah pada mesin frais vertikal.
Harus diperhatikan bahwa lubang tirus dari spindel dalam keadaan bersih dan tidak rusak. Sebelum memasang arbor-pisau ke spindel, bersihkan lubang tirus dengan kain secara hati-hati. Juga bersihkan arbornya.

Hal-hal lainnya bisa diberikan dalam bentuk pertanyaan berikut :

Apakah spindel mesin berputar secara baik ?
Apakah gerakan meja ada kelonggaran antara poros transportir dengan murnya
Apakah aliran air pendingin bekerja baik ?
Apakah mesin disiapkan secara baik untuk pekerjaan ?
Apakah bagian-bagian meja diklem secara baik
Apakah lengan penyangga arbor dijepit secara baik ?
Apakah arbor dipasang dan diklem secara aman ?

Semua bagian-bagian mesin harus dikencangkan dan diklem secara baik, bila tidak, arbor tidak berfungsi secara baik dan benda kerja ukurannya akan salah.
Memilih pisau yang cocok dengan benda kerja, pisau frais rata dan sejenisnya, pada permukaan selindernya, seperti pisau jari (*end mill, shell end mill*) dsb. Mempunyai ruang gigi yang lebar, juga giginya harus kuat dan memotong pada sudut spiral sedikitnya 35°.
Bila menggunakan gigi spiral, perhatikan bahwa gaya aksial akibat penyayatan harus ke arah spindel. Apakah pisau frais dalam kondisi yang bagus ?

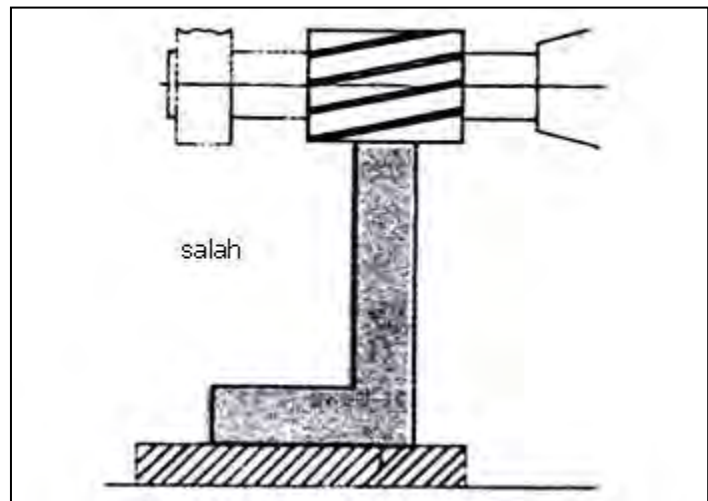
Tumpul. Pisau yang tumpul akan menghasilkan permukaan yang kasar dan memerlukan tenaga yang lebih besar. Sisi sayat pisau jangan sampai berwarna merah selama pengasahan. Sudut bebas akan memberikan pemotongan yang buruk.

Gambar 39 Pisau Spiral Kiri dan Spiral Kanan

mmmmm. Disain Benda Kerja

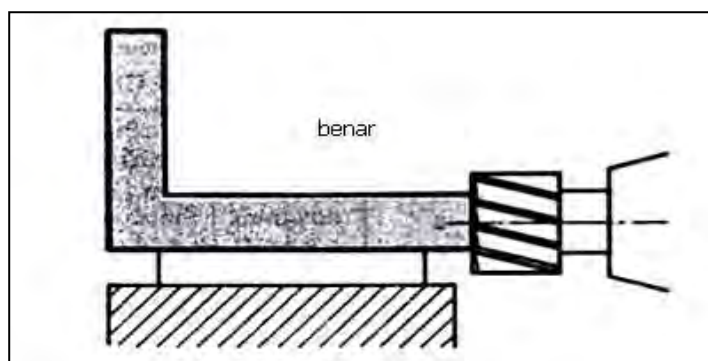
Apakah benda kerja cukup kokoh untuk pengefraisan ?

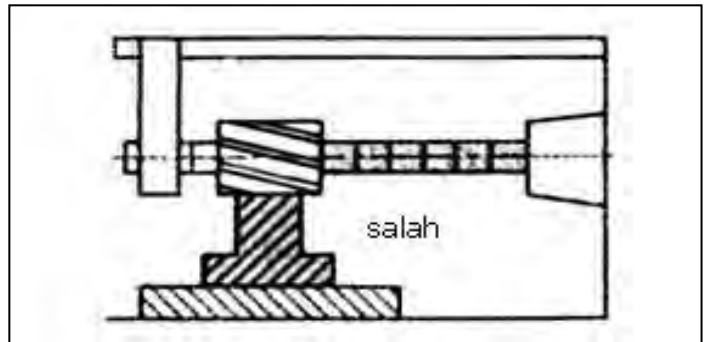
Teliti apakah material benda kerja berbeda, untuk pengerjaan yang cepat dan menguntungkan.

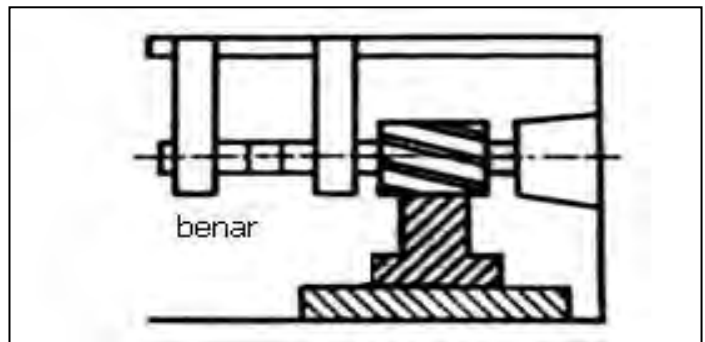
Apakah mungkin mengurangi waktu pengerjaan, benda kerja dibagi dua bagian ?

Apakah penjepitan benda kerja memerlukan peralatan khusus (mungkin cukup mahal) ?

Gambar 40 Posisi yang Salah

nnnnn. Penjepitan

Penjepitan pisau frais. Arbor pisau harus setebal mungkin dan jarak antara pisau dengan ujung spindel arbor sependek mungkin.

Gambar 41 Benda Kerja Sedekat Mungkin ke Meja

Jika pemasangan pisau frais pada ujung spindle dan tidak ditahan oleh dua penahan spindle, pisau frais akan bergetar ketika berputar dan spindle menjadi goyang tidak konsentrik lagi, akibatnya benda kerjapun tidak rata.

Gambar 42 Pisau Jauh dari Spindel

Benda kerja dijepit sedekat mungkin dengan kolom, benda kerja dan pisau frais dalam kondisi yang kokoh, tidak ada getaran, hasil pengefraisan menjadi baik.

Gambar 43 Benda Kerja Sedekat Mungkin ke Kolom Mesin

Proses Pengefraisan

Waktu pengerjaan, jumlah tatal, kehandalan pisau, dan juga kehalusan permukaan, ini semua dipengaruhi oleh kecepatan potong, kecepatan sayat dan dalamnya penyayatan yang dipakai pada pengerjaan.

Pengasaran

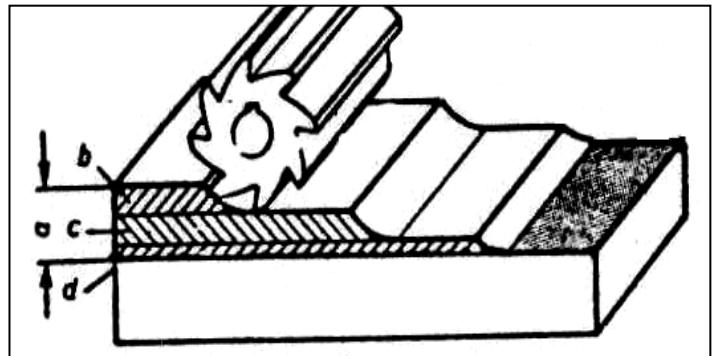
Pada mesin frais, kecepatan sayat terpisah dari kecepatan putaran spindel, sehingga perubahan Rpm spindel (pisau frais) tidak mempengaruhi waktu pengerjaan. Namun penambahan kecepatan potong yang terlalu besar, akan mempercepat hilangnya ketajaman pisau, dan juga timbul getaran, kekuatan pisaupun berkurang cepat.

Waktu pengerjaan di mesin bisa dikurangi dengan cara penambahan kecepatan penyayatan. Bagaimanapun untuk pekerjaan tertentu, kecepatan sayat maksimum tidak digunakan. Benda kerja tidak kaku atau pisau frais yang tidak kokoh seperti end mill kecil, pisau gergaji dsb.

Tujuan pengasaran adalah pengurangan waktu pemesinan dengan sebanyak mungkin penyayatan. Jumlah tatal yang disayat tergantung kepada kecepatan sayat dan dalamnya pemotongan. Dari percobaan menunjukkan bahwa daya yang digunakan lebih besar ketika dalamnya pemotongan lebih besar dan kecepatan penyayatan lebih kecil dibanding dengan dalamnya pemotongan lebih kecil dan kecepatan penyayatan lebih besar. Jadi lebih baik kecepatan penyayatan besar disertai dalamnya pemotongan yang kecil.

Penghalusan

Efek utama dari penyelesaian adalah untuk menjamin permukaan yang halus. Setiap putaran pisau menghasilkan gelombang permukaan, permukaan lebih halus, bila jarak gelombang lebih pendek. Oleh karena itu untuk penyelesaian supaya permukaan halus adalah dengan cara menambah kecepatan potong (rpm ditambah) sekaligus mengurangi kecepatan penyayatan (pemakanan). Selama pengasaran, material yang disayat dalam waktu sependek mungkin. Oleh karena itu kecepatan sayat yang besar harus dipilih dan disisakan untuk penyelesaian 0,5 – 1 mm. Serta supaya pisau menjadi awet, dipilih kecepatan potong yang lebih kecil.

Pengerjaan pengasaran dan penyelesaian a) tebal yang disayat. b) pengasaran pertama c) pengasaran kedua d) penyelesaian (0,5 – 1 mm), pendinginan selama pengefraisan.

Gambar 44 Pengasaran dan Penyelesaian

Dalam pengefraisan penyelesaian, benda kerja harus mendapat ukuran yang tepat dan kualitas permukaan yang diinginkan. Untuk maksud hal ini, kecepatan potong yang besar dan kecepatan sayat kecil diperlukan. Untuk penyayatan yang tidak terlalu tebal , maka benda kerja bisa difrais sekali potong sampai ketelitian dan kehalusan yang benar.

Pendinginan

Pendinginan akan memperbaiki kualitas permukaan dan memperpanjang kekuatan pisau frais. Juga membersihkan penumpukan tatal. Pendinginan pada ujung sayat pisau, menambah umur pisau, pendinginan pada benda kerja akan menjaga ketelitian ukuran. Air pendingin disemprotkan ke permukaan yang sedang dikerjakan.

Tabel 4 Macam Pendinginan

Material yang difrais	Air pendingin (Coolant)
Baja karbon dan baja paduan (medium tensile strength)	Larutan emulsi oli
Baja (high tensile strength), Besi tuang yang disepuh	Oli bor
Besi tuang, plastik sintetis dan coran	Kering
Kuningan, perunggu	Larutan emulsi oli
Aluminium atau aluminium paduan	Larutan emulsi oli atau kering
Magnesium paduan	Kering atau oli bor khusus

Aturan Pengefraisan

Mesin yang lebih sesuai dipilih
Pisau frais yang sesuai dipilih
Pisau frais harus benar arah putarannya
Pisau tajam yang seharusnya dipakai
Benda kerja harus dijepit secara kuat dan aman
Kecepatan putar pisau dan kecepatan sayat yang benar harus dipilih
Periksa apakah benda kerja atau meja mesin tidak bersentuhan dengan lainnya
Pendinginan harus diberikan terus-menerus

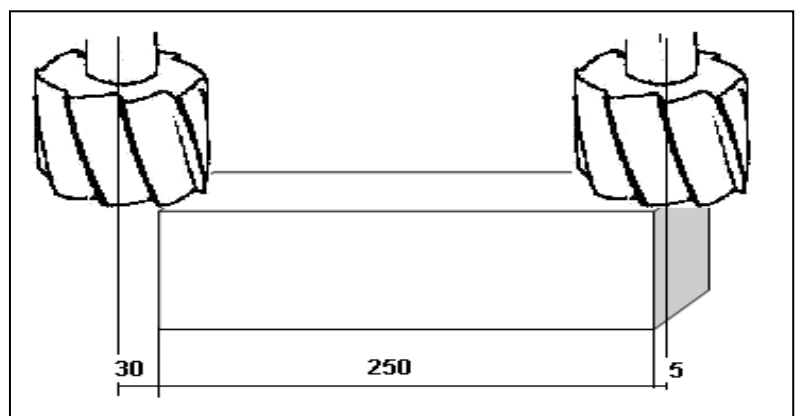
Mencegah Kecelakaan

Jangan pernah menyentuh pisau yang sedang berputar dengan jari tangan.
Jangan membersihkan tatal dengan jari tangan, tetapi menggunakan kuas.
Mengukur hanya jika mesin dalam keadaan berhenti.

Perhitungan Waktu Pengerjaan

$$\text{Waktu pengerjaann} = \frac{\text{Jarak yang ditempuh meja (mm)}}{\text{Kecepatan sayat (mm/menit)}}$$

$$\text{Th} = \frac{\text{L}}{\text{s'}}\ \text{menit}$$

Jarak tempuh (L) tergantung pada panjang benda kerja (l), langkah awal (la) dan langkah akhir (lu).

Gambar 45 Panjang Langkah Pengefraisan

Contoh :

Sebuah balok St 42, panjang 250 mm, harus difrais pengasaran memakai pisau rata.

Hitung waktu pengerjaannya ?

Langkah awal (la) = 30 mm,

langkah akhir (lu) = 5 mm,

kecepatan sayat = 100 mm / menit

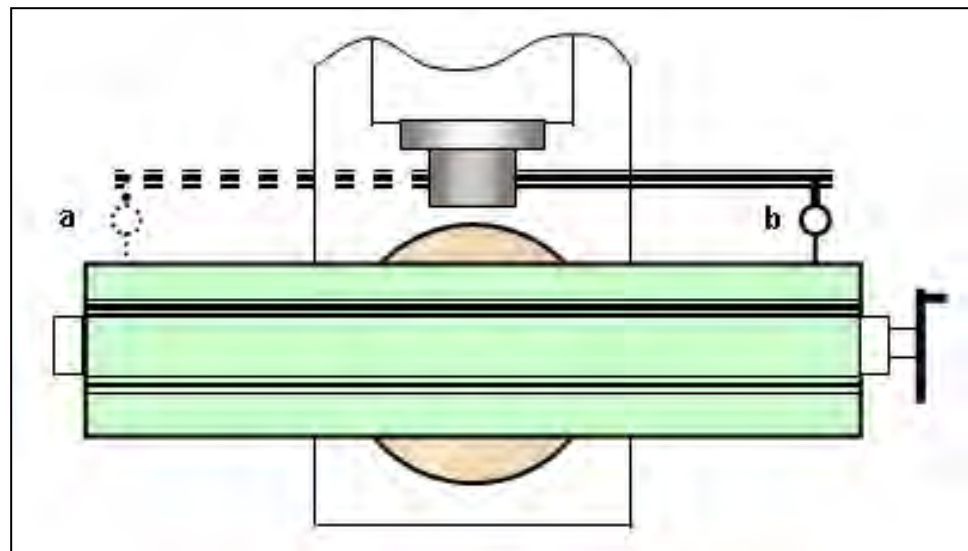
$$L = l + la + Lu = 250\ mm + 30\ mm + 5\ mm = 285\ mm$$

$$Th = \frac{L}{s'} = \frac{285\ mm}{100\ mm/menit} = 2,85\ menit$$

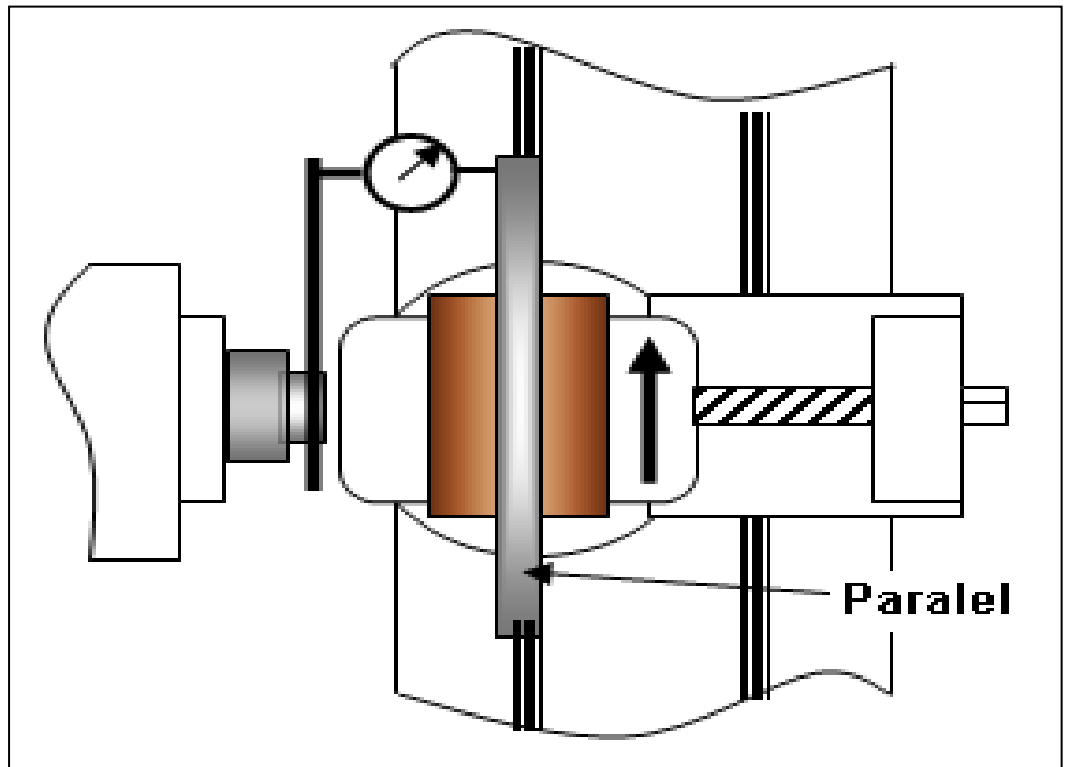
Penyetelan Meja Mesin dan Ragum

Sebelum penyetelan ragum pada meja mesin, perlu diluruskan terlebih dahulu meja mesinnya (untuk meja universal). Dengan bantuan dial indikator dan batang tongkat yang dipasang pada poros spindel mesin.

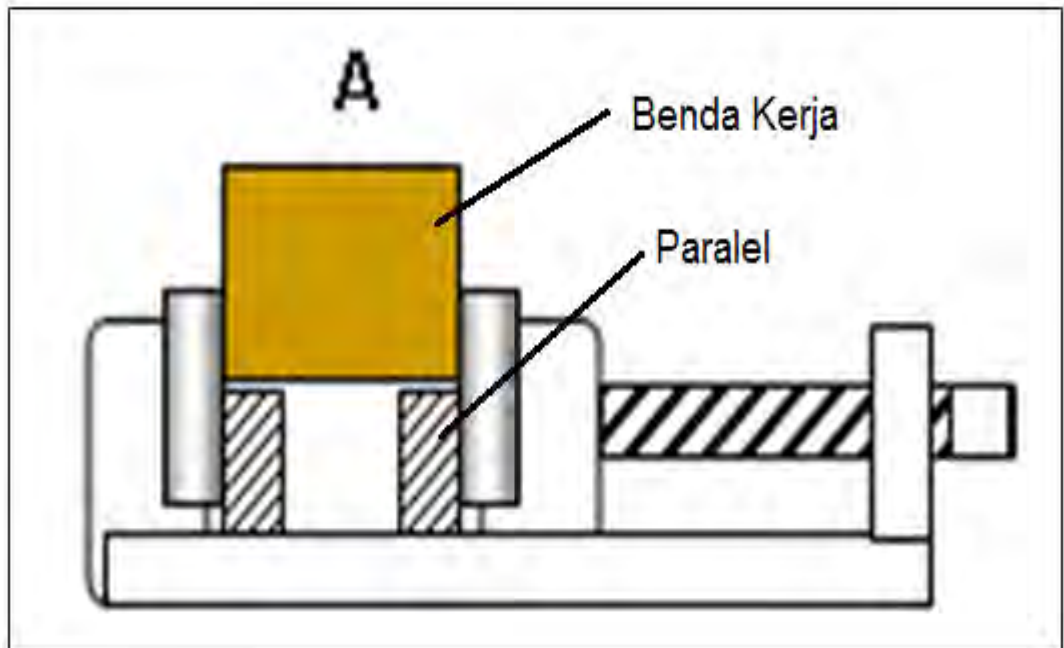
Spindel diputar hingga peraba dial indikator menyentuh permukaan sisi meja mesin di titik **a** dan pembacaan dicatat. Spindel, batang tongkat ,dan dial indikator diputar sampai peraba dial menyentuh di titik **b**. Jika dial menunjukan pembacaan yang sama pada titik **a** dan **b**, berarti meja tegak lurus terhadap spindel.

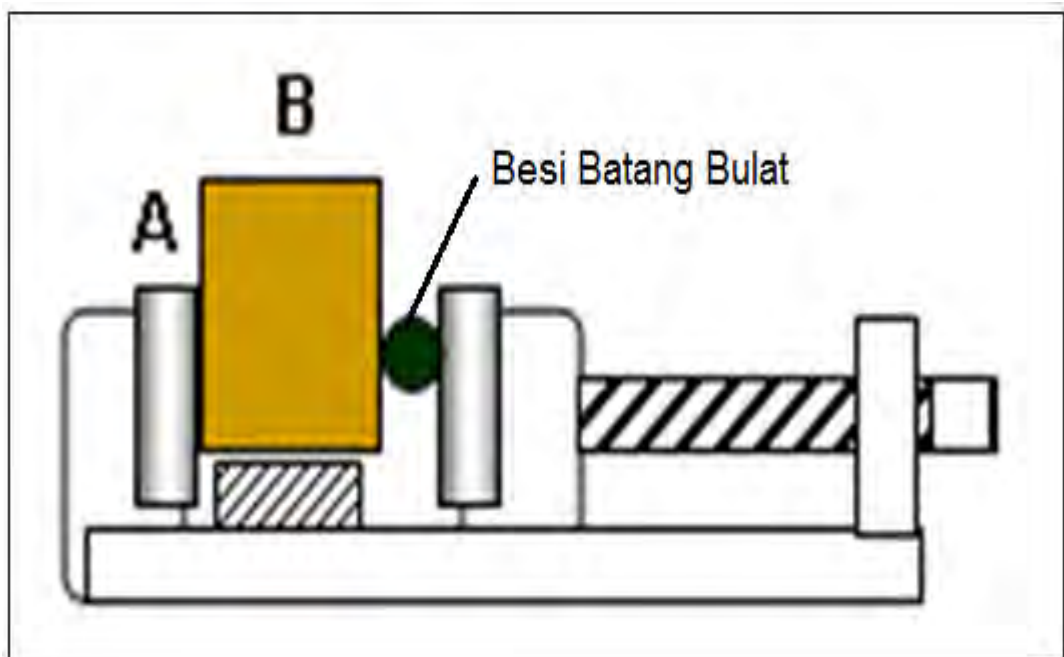
Perlu dicatat bahwa memeriksa kelurusan meja, bukan dengan cara menempelkan peraba dial di titik **b** , kemudian meja digerakkan arah memanjang.

Gambar 46 Penyetelan Meja Mesin Frais

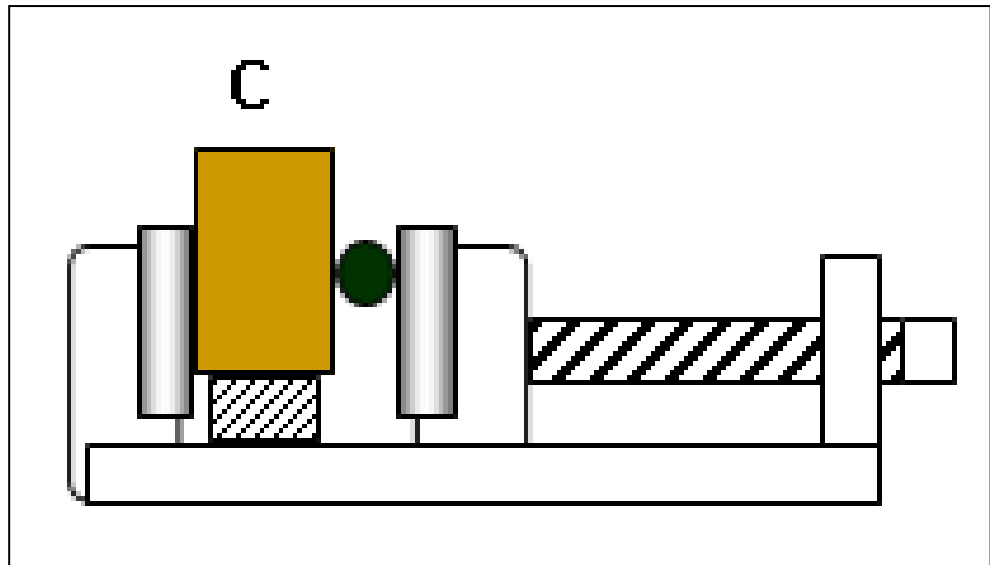
Penyetelan Meja

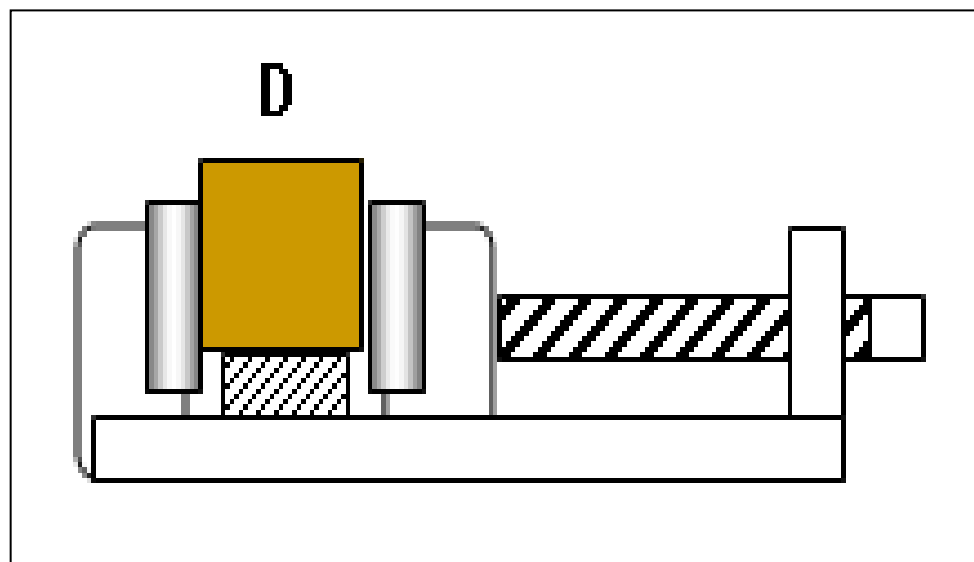
Selanjutnya untuk menyetel ragum, dial indikator dipasang pada kolom mesin atau spindel, dan perabanya disentuhkan pada rahang tetap dari ragum. Dengan menggerakan meja arah memanjang, posisi ragum diatur hingga pembacaan dial sama sepanjang rahang tersebut.

Gambar 47 Penyetelan Ragum Mesin Frais

Pengefraisan Balok

Pengefraisan permukaan A, balok disangga dua parallel dan di antara rahang ragum.

Gambar 48 Pengefraisan Bidang A

Pengefraisan permukaan B, sementara sisi A menempel pada rahang tetap dan batang bulat antara benda kerja dan rahang gerak, sehingga didapatkan permukaan A dan B tegak lurus.

Gambar 49 Pengefraisan Bidang B

Putar benda kerja di mana permukan A tetap pada rahang tetap, sementara permukaan B berada di atas parallel, permukaan C di frais. Mungkin masih perlu batang bulat untuk menjepit benda kerja.

Gambar 50 Pengefraisan Bidang C

Permukaan B dan C dijepit antara dua rahang ragum dan permukaan A di atas parallel serta permukaan D difrais.

Gambar 51 Pengefraisan Bidang D

Pisau Frais

Alat pemotong yang digunakan pada mesin frais ialah pisau frais, alat dengan batang silindris yang berputar dan dilengkapi dengan satu atau lebih gigi serta menyayat benda kerja secara bergantian dan mengambil material dengan gerakan relatif oleh benda kerja atau pisau.

Macam-macam pisau tergantung pada tipe, tempat gigi, cara penjepitan pisau dll. Gigi-gigi pisau frais bisa lurus atau parallel terhadap sumbu putaran, atau bersudut dikenal dengan sudut heliks (heliks kiri atau heliks kanan).

Gambar 52 Macam-macam Pisau Frais

Pisaunya mungkin mempunyai batang arbor yang menyatu (*tool bit insert*) atau pisau yang mempunyai lubang di tengah dan alur pasak serta langsung dipasang pada arbor panjang. Tipe pisau lainnya mempunyai lubang di tengah dan sisi pemotongnya bagian sisi dan ujungnya, serta bisa dipasang pada arbor pendek (*shell and mill*).

Klasifikasi

Pisau frais bisa dibagi ke dalam empat klasifikasi umum :

Karakteristik konstruksi : pisau pejal, pisau lidah sisipan, pisau sisipan.

Bentuk gigi : profil dan bentuknya.

Metoda pemasangan : dipasang pada arbor, langsung pada spindel, dipasang pada kolet arbor.

Pemakaian pisau : pisau alur T , pisau alur pasak, pisau roda gigi.

Bagian-bagian Pisau frais

Istilah-istilah pada gigi pisau frais sebagai berikut ini :

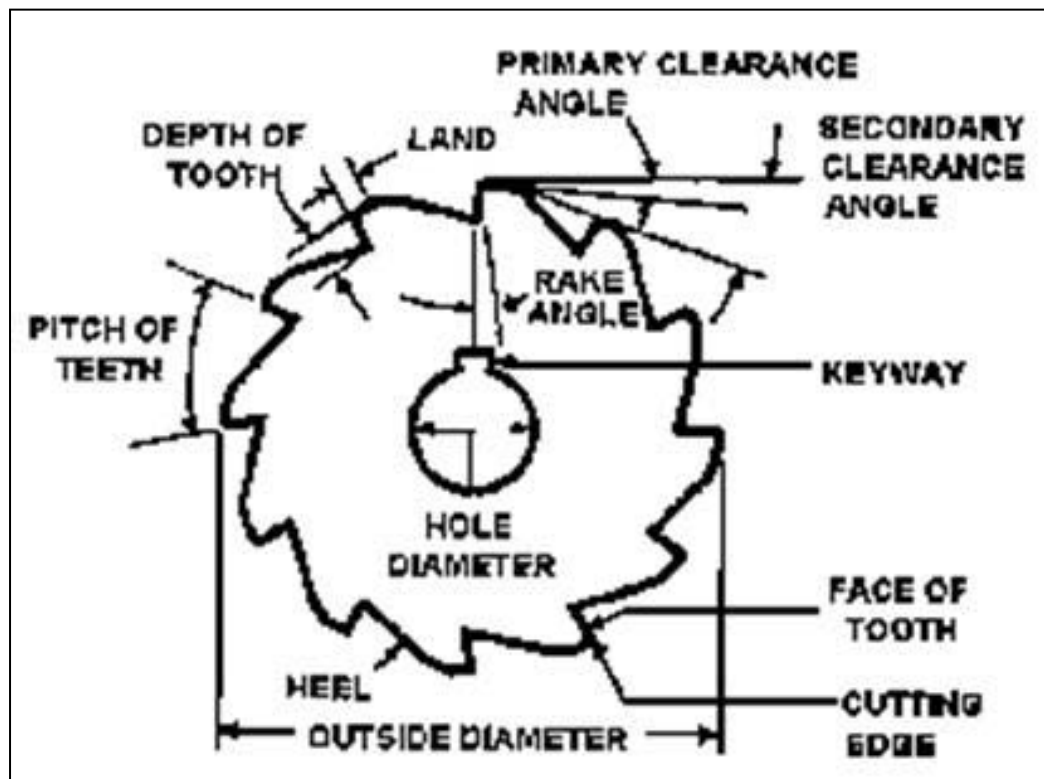
Clearance (Primary Clearance)

Ruang bersudut di belakang sisi potong, antara permukaan sisi potong dengan diameter pisau, dengan maksud untuk kebebasan dengan benda kerja.

Cutting Edge

Hanya bagian ini yang menyentuh benda kerja, umumnya sebuah garis lurus, heliks atau profil yang rumit.

Rake

Sudut antara sisi gigi, atau tangen terhadap sisi gigi, sepanjang radius pisau. Bila sudutnya terletak di depan sisi muka pisau disebut *rake* positif, bila sudutnya terletak di belakang sisi muka pisau disebut *rake* negatif.

Gambar 53 Istilah pada Pisau Frais

Macam-macam Pisau Frais

Kebanyakan pisau mempunyai sudut *rake* positif 10° sampai 15° yang mempunyai keuntungan antara lain aliran tatal lebih baik pada sisi muka, suhu pada gigi sayat lebih rendah, daya yang diperlukan lebih rendah, umur pisau lebih panjang dan permukan yang dihasilkan lebih halus. Untuk bahan yang lebih keras seperti baja paduan dan baja karbon medium, biasanya *rake* negatif.

Plain Milling / Cylindrical Cutter (HSS)

Pisau HSS ini digunakan untuk penyayatan permukaan dan penyelesaian semua tipe material dilengkapi sisi potong kiri atau kanan, heliks 30º

Gambar 54 Pisau Rata (Plain Milling Cutter)

Shell End Mill (HSS)

Pisau ini digunakan untuk pengefraisan muka dan plat pada semua tipe material. Dilengkapi sisi potong kiri atau kanan, heliks 30º.

Gambar 55 Shell End Mill

End Mill

End mill adalah alat yang mempunyai sisi sayat pada satu sisi. Kata end mill umumnya digunakan untuk pisau yang bawahnya rata, tetapi juga termasuk pisau yang ujungnya bulat (ballnose) dan pisau radius. Pisau ini biasanya terbuat dari HSS atau carbide, dan mempunyai satu atau lebih alur miring (flutes). Pisau ini juga yang paling banyak digunakan pada mesin frais vertikal.

Slot Dirll

Slot drill umumnya mempunyai 2 (kadang 3 atau 4) alur miring yang didisain untuk menyayat material lurus ke bawah. Hal ini memungkinkan karena sedikitnya satu gigi pada sumbu ujung pisau melebihi titik pusatnya. Dinamai demikian juga karena untuk pembuatan alur pasak.

Gambar 56 End Mill dan Slot Drill

Single and Double Angle Cutters (HSS)

Pisau sudut tunggal didisain untuk pinggulan atau bagian miring dan dibuat satu sudut kiri atau kanan 45º dan 60º . Pisau sudut sama ganda biasanya Pengefraisan ulir, alur V, gergaji, dan permukaaan sudut laninya.

Gambar 57 Pisau Sudut

Side and Face Cutters (HSS)

Pisau frais sisi dalam bentuk gigi lurus dan berliku untuk yang ringan dan berat pengoperasian alur dalam pada baja dan banyak untuk material lunak

Gambar 58 Pisau Muka dan Sisi

Convex Cutter (HSS)
Pisau ini dalam bentuk relief untuk pengefraisan cekung setengah lingkaran pada semua tipe material

Gambar 59 Pisau Cembung

Concave Cutter (HSS)
Pisau ini dalam bentuk relief untuk pengefraisan cembung setengah lingkaran pada semua tipe material

Gambar 60 Pisau Cekung

Corner Rounding Cutter (HSS)

Pisau ini digunakan untuk membuat sudut radius sampai seperempat lingkaran, dilengkapi sisi potong kiri atau kanan bentuk relief. Pisau tipe batang juga ada

Gambar 61 Pisau Ujung Radius

Metal Slitting Saw (HSS)

Pisau ini digunakan untuk pengaluran umum dan penerapan pemotongan. Pisau gang kasar dan halus dengan gigi lurus, bentuk gigi berliku untuk kelonggaran tatal.

Gambar 62 Pisau Gergaji

T Slot Cutter (HSS)

Pisau ini digunakan untuk membuat alur T. Alur heliks kiri atau kanan, batang lurus atau batang berulir.

Gambar 63 Pisau alur - T

Woodruff Keyseat Cutter (HSS)

Digunakan untuk penyayatan alur pasak setengan lingkaran. Alur heliks kiri atau kanan, batang lurus atau batang berulir.

Gambar 64 Woodruf Keyseat Cutter

Dovtail Cutter (HSS)

Pisau ini digunakan untuk membuat alur ekor burung meja mesin perkakas, jig dan fixture. Dilengkapi dengan sudut 45º dan 60º

Gambar 65 Pisau Ekor Burung

Involute Modul Gear Cutter

Ada 8 pisau dalam satu set yang akan menyayat gigi-gigi roda gigi mulai dari 12 gigi sampai batang gigi (rack). Pada pisau ditunjukkan nomor Modul, nomor pisau untuk jumlah gigi berapa sampai berapa dan sudut tekan $14,5^0$ atau 20^0.

Gambar 66 Pisau Gigi Modul

Machine Reamer

Digunakan untuk pereameran / penghalusan permukaan lubang

Gambar 67 Reamer Mesin

Pemasangan Pisau Frais

Pisau frais harus berputar tanpa hentakan, sebab giginya yang menyayat menjadi cepat aus dan umur pisau menjadi berkurang, setiap gigi pisau akan menyayat dengan kedalaman yang berbeda, selanjutnya permukaan hasil pengefraisan menjadi tidak rata. Pemasangan pisau frais harus dikerjakan dengan penuh kehati-hatian. Penyimpangan konsentrisitas putaran pisau frais tidak boleh lebih dari 0,05 mm.

Pisau frais dan arbor yang sesuai dipilih, jangan lupa pasaknya dipasang

Bagian tirus dari arbor dan spindle harus dijaga dari kerusakan

Sebelum pemasangan, pisau ke arbor, arbor ke spindle, dan kepala spindle, semua permukaannya harus dalam keadaan bersih

Arah putaran pisau frais dan arah penyayatan harus benar, kalau salah pisau akan pecah

Gaya aksial pisau frais spiral harus ke arah spindel

Pendinginan Selama Pengefraisan

Pendinginan akan memperbaiki kualitas permukaan dan memperpanjang kekuatan pisau frais. Juga membersihkan penumpukan tatal. Pendinginan pada ujung sayat pisau, menambah umur pisau, pendinginan pada benda kerja akan menjaga ketelitian ukuran.

Air pendingin disemprotkan ke permukaan yang sedang dikerjakan.

metoda pendinginan : sebaiknya air pendingin disemprotkan seperti posisi contoh di gambar

Gambar 68 Pendinginan Selama Pengefraisan

Pemilihan RPM

Jumlah putaran tergantung pada kecepatan potong dan diameter pisau. Kecepatan potong (*Cutting speed/Cs*) pisau maksudnya, langkah satu pemotongan gigi dalam meter / menit. Kecepatan potong yang diizinkan akan diberikan dari tabel kecepatan potong. Kecepatan potong terlalu tinggi, gigi pisau akan menjadi tumpul lebih cepat. Kecepatan potong terlalu rendah, kapasitas pemotogan rendah.

$$n = \frac{Cs}{\pi D}$$

Jika Cs satuannya adalah feet / menit

D satuannya adalah inch

$$n = \frac{Cs\ (feet/menit)}{\pi\ D\ (inch)}$$

1 feet = 12 inch , sehingga rumus menjadi

$$n = \frac{12\ Cs}{\pi D}$$

Cs : kecepatan potong dalam feet/menit
D : diameter pisau dalam inch
n : jumlah putaran pisau per menit

Jika Cs satuannya adalah meter / menit

D satuannya adalah mm

$$n = \frac{Cs\ (meter/menit)}{\pi\ D\ (mm)}$$

1 meter = 1000 mm , sehingga rumus menjadi

Putaran pisau frais permenit **Error! Reference source not found.**

Cs : kecepatan potong dalam meter/menit
D : diameter pisau dalam mm
n : jumlah putaran pisau per menit

Tabel 5 Kecepatan Potong (CS : meter/menit)

Bahan	Pisau HSS	
	Pengasaran m/men	Penyelesaian m/men
Besi cor	20 – 25	25 – 32
Baja lunak	25 – 32	33 – 40
Baja Sedang	12 – 16	16 – 20
aja Keras	8 – 10	10 – 12
Duralumin	200	320
Perunggu	30 - 40	40 - 45

Contoh : Sebuah benda kerja akan difrais rata pengasaran.
Hitung jumlah putaran pisau. Material : St 50, diameter pisau 60 mm

Hasil : Kecepatan potong sesuai tabel Cs = 25 m/menit

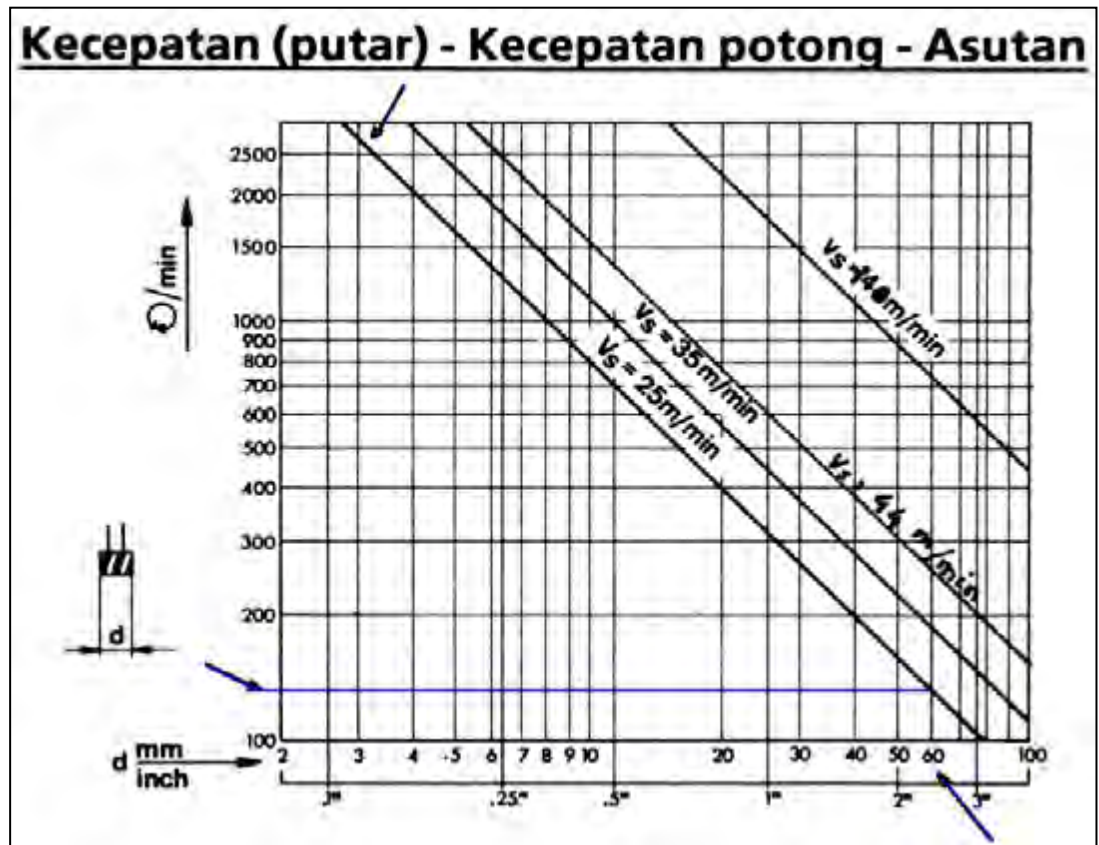
$$n = \frac{1000 \text{ x } 25 \text{ m/men}}{3{,}14 \; x \; 60 \; mm} = 132{,}7 \; \approx \; 133 \; Rpm$$

misal jumlah putaran mesin frais sudah tertentu : 37 – 49 – 64 – 86 – 113 – 147 – 197 – 260 – 338 – 455 – 600 – 700 putaran per menit.

Dalam hal ini n = 113 Rpm yang dipilih.

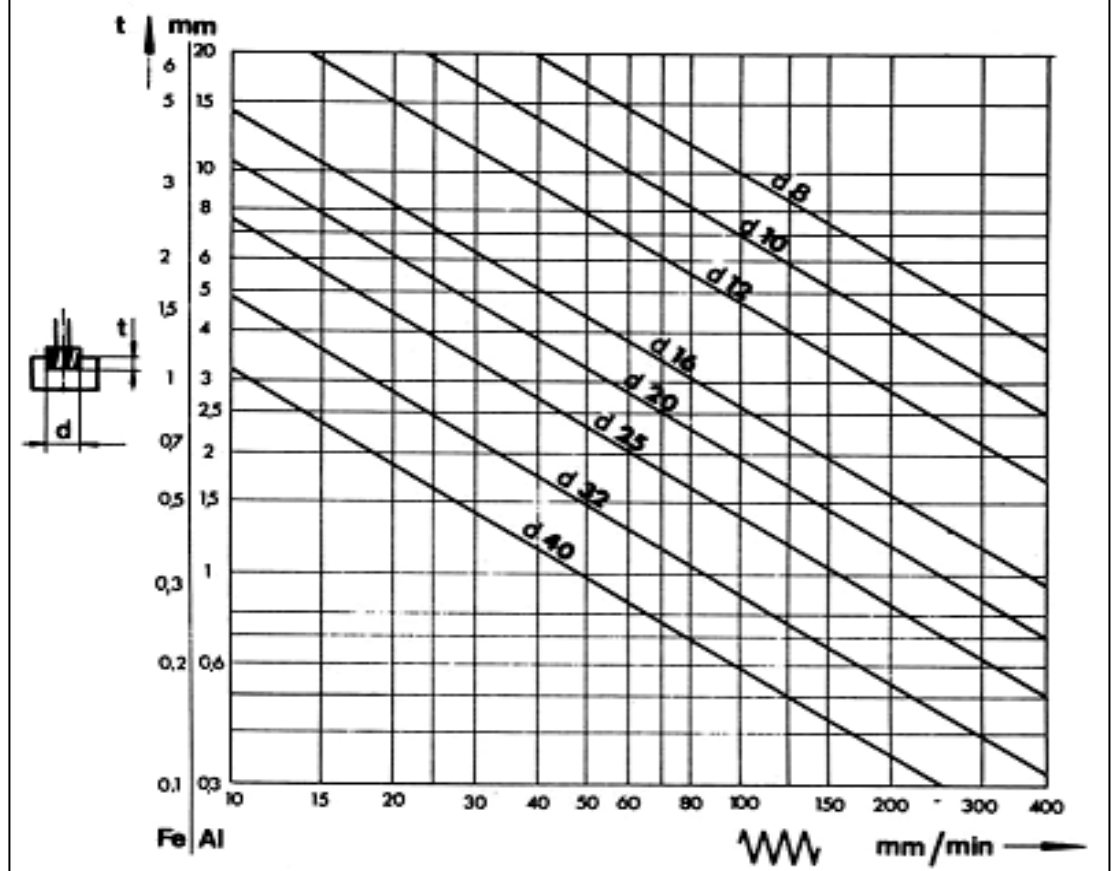
Jumlah putaran bisa juga dipilih dari grafik kecepatan.
Langkah : Pertama, diameter pisau d = 60 mm, tarik garis vertikal

Kedua, cutting speed / Cs = 25 m/min, pada garis miring,

Ketiga, pertemuan garis vertikal dengan garis miring, tarik garis horisontal ke arah kiri, angka-angka pada garis vertikal paling kiri adalah putaran spindle atau pisau (133 rpm).

Gambar 69 Grafik Putaran Spindel

Memilih Penyayatan

Untuk pengefraisan, kecepatan penyayatan dalam mm/menit adalah jarak dalam satuan mm gerakan meja dan benda kerja dalam satu menit. Kecepatan penyayatan tergantung pada pisau frais, material benda kerja, kedalaman pemakanan, dan kualitas permukaan yang diinginkan.

Untuk mencegah beban lebih pada mesin, kecepatan penyayatan kadang-kadang harus dihitung. Ini menjadi dasar sebesar mungkin jumlah tatal yang bisa disayat dalam satu menit dari benda kerja. Dengan percobaan, jumlah tatal sudah ditentukan dalam Cm^3 per kilowatt kapasitas.

Gambar 70 Grafik Penyayatan

V = sebesar mungkin jumlah tatal dalam Cm³/menit.

v´= jumlah tatal yang diizinkan dalam Cm³/Kw menit.

P = kapasitas mesin dalam Kw.

Sebesar mungkin jumlah tatal dalam Cm³/menit : **Error! Reference source not found.**

Contoh :

Untuk pengefraisan rata pada baja 35 – 60 Kg/mm² *strength*, jumlah tatal yang diizinkan 12 Cm³/Kw menit. Berapa jumlah tatal yang disayat dalam satu menit, pada mesin frais yang berdaya 2,5 Kw ?

Hasil : V = v´ x P = 12 Cm³/Kw menit x 2,5 Kw = 30 Cm³/menit

Jumlah tatal V bisa juga dihitung dari ; dalamnya penyayatan (a), lebar penyayatan (b), dan kecepatan penyayatan (s´)

$$V = \frac{a \text{ x } b \text{ x } s'}{1000} \; Cm^2/menit$$

Kecepatan penyayatan dalam mm/menit : **Error! Reference source not found.**

Contoh :

Baja St 50 harus difrais, dalamnya penyayatan 4 mm, lebar pengefraisan 80 mm, daya mesin 3 Kw. Hitung kecepatan maksimum ?

Jumlah tatal maksimum **Error! Reference source not found.**

Error! Reference source not found.

Kecepatan penyayatan

$$s' = \frac{V \text{ x } 1000}{a \text{ x } b} = \frac{36 \; Cm^3/ \; menit \text{ x } 1000}{4 \; mm \text{ x } 80 \; mm} = 112 \; {}^{mm}/_{menit}$$

Materi / Isi

Pendahuluan

Deskripsi

Pembuatan benda kerja di mesin frais, selanjutnya pembuatan komponen pesawat udara di mesin frais untuk mendapatkan hasil yang optimal maka diperlukan langkah-langkah pengerjaan yang benar serta sesuai prosedur operasional standar

Prasyarat

Matematika dasar (penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, trigonometri, phitagoras)

Peserta didik dapat membaca gambar teknik

Peserta didik dapat menggunakan alat ukur mistar sorong

Petunjuk Penggunaan

Bagi Siswa

Baca dan simak perintah pada modul

Ajukan pertanyaan pada guru apabila merasa ragu

Simak gambar kerja / job sheet

Kumpulkan data mesin frais yang akan dipakai

Kumpulkan data material yang akan dikerjakan

Analisa data yang diperoleh untuk proses pengerjaan di mesin frais

Simpulkan proses pengerjaan di mesin frais

Sampaikan hasil kesimpulan secara cermat dan tepat

Bagi Guru

aaaaaaa. Membimbing, menjawab pertanyaan dari peserta didik

bbbbbbb. Membantu peserta didik menyimak modul ini.

ccccccc. Menilai setiap kompetensi peserta didik.

ddddddd. Mencatat setiap nilai hasil yang diperoleh peserta didik.

Tujuan Akhir

eeeeeee. Kinerja yang diharapkan

fffffff. Peserta didik menyimak materi dari modul ini

ggggggg. Peserta didik mampu mengumpulkan data proses pengerjaan di mesin frais.

hhhhhhh. Peserta didik mampu menentukan langkah-langkah pengerjaan di mesin frais

iiiiiii. Peserta didik mampu menyimpulkan pemanfaatan mesin frais untuk pembuatan komponen pesawat udara

KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

MATA PELAJARAN AIRCRAFT COMPONENT MILLING

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
KI-1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	Menyadari sempurnanya konsep Tuhan tentang benda-benda dengan fenomenanya untuk dipergunakan sebagai aturan pemfraisan komponen pesawat udara
	Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam pemfraisan komponen pesawat udara
KI-2 Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktifdan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.	Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingin tahu, inovatif dan tanggung jawab dalam menerapkan aturan pemfraisan komponen pesawat udara
	Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dan cara melakukan pemfraisan komponen pesawat udara .
KI-3 Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan **metakognitif** berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidangkerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	Memahami mesin frais
	Memahami perlengkapan mesin frais
	Menganalisis proses pemfraisan
	Menerapkan parameter pemotongan
	Menganalisis pemfraisan
KI-4 Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait	Menanya mesin frais
	Menanya tentang perlengkapan mesin frais

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, **bertindak secara efektif dan kreatif**, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	Mencoba mesin frais
	Menalar parameter pemotongan
	Menyaji benda kerja

Cek Kemampuan Awal

Isilah tabel di bawah ini secara mandiri

NO	PERTANYAAN	JAWABAN	DAFTAR CEK
1			
2	Benda apa aja yang bisa dikerjakan di mesin frais		
3			

Pembelajaran

Deskripisi

Kegiatan Belajar

Kegiatan Belajar 1

Mengamati :

Mengamati macam-macam pemfraisan benda kerja

Menanya :

Mengkondisikan situasi belajar untuk membiasakan mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentangmacam-macam pemfraisan benda kerja

Pengumpulan Data :

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkrit, dokumen, buku, eksperimen) untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang macam-macam pemfraisan benda kerja

Mengasosiasi :

Mengkatagorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya disimpulkan dengan urutan dari yang sederhana sampai pada yang lebih kompleks terkait dengan macam-macam pemfraisan benda kerja

Mengkomunikasikan :

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang macam-macam pemfraisan benda kerja dalam bentuk lisan, tulisan, diagram, bagan, gambar atau media lainnya

Tujuan Pembelajaran

Melalui kegiatan observasi dan tanya jawab denngan model pembelajaran Project Base Learning pada materi pokok pemfraisan benda kerja

frais rata

frais muka

fraisbertingkat luar

frais bertingkat dalam

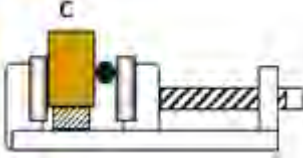
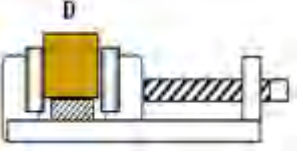
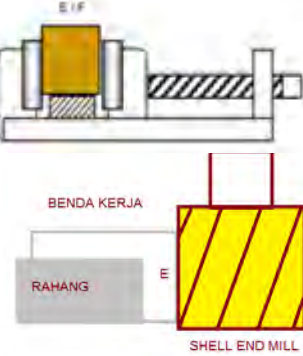
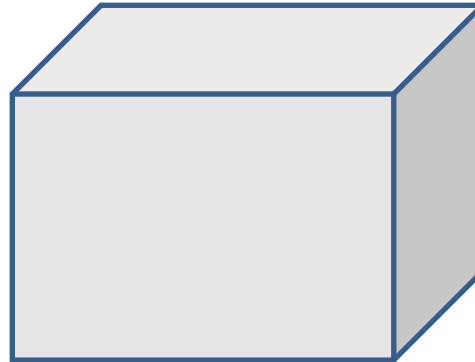
frais miring

frais ekor burung

frais alur V

diharapkan peserta didik terlibat aktif, dapat tanya jawab dan bekerja sama dalam kegiatan pembelajaran.

Pembuatan Benda Kerja

kkkkkkk. Pengefraisan Balok Persegi Enam

Pengefraisan Balok Persegi Enam

Gambar 71 Balok Persegi Enam

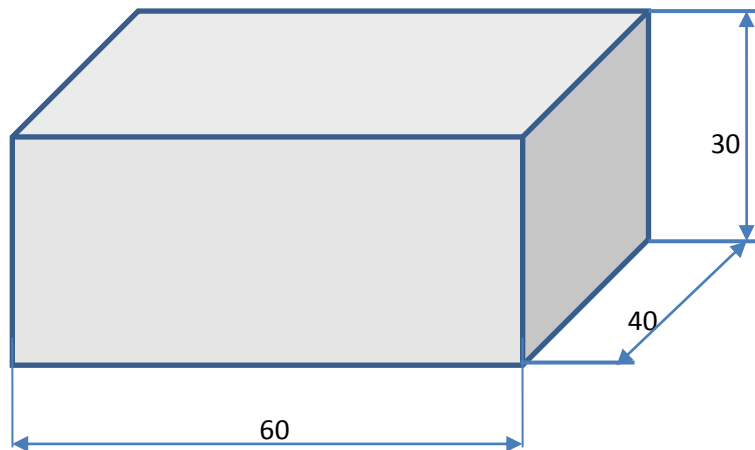
Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok bagian sisi A	Shell End Mill	
2	Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok bagian sisi B Sisi A menempel pada rahang tetap Bila satu sisi lagi tidak rata, maka dapat diganjal batang besi bulat	Shell End Mill	

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
3	Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok bagian sisi C Sisi A menempel pada rahang tetap Sisi B yang telah rata diletakkan di bagian bawah Bila satu sisi lagi tidak rata, maka dapat diganjal batang besi bulat	Shell End Mill	C
4	Pemeriksaan ukuran dua sisi yang telah difrais	Mistar sorong	
5	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok bagian sisi D	Shell End Mill	D
6	Pemeriksaan ukuran dua sisi yang telah difrais	Mistar sorong	
7	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok bagian sisi E dan F	Shell End Mill	E/F BENDA KERJA RAHANG E SHELL END MILL

IIIIIII. Lembar Kerja Peserta Didik

JOB SHEET
Balok Persegi Enam

GAMBAR KERJA

	Skala :	Digambar :	Keterangan : Tol ± 0,2
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	
	Tanggal :	Diperiksa :	
SMKN 12 BANDUNG	**FRAIS BALOK PERSEGI ENAM**		NO. 01

JOB SHEET 1

FRAIS BALOK PERSEGI ENAM

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Balok persegi enam

Nama : ....

Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	30 ± 0,2 mm	20		
	30 ± 0,4 mm	15		
	> 30 ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	40 ± 0,2 mm	20		
	40 ± 0,4 mm	15		
	> 40 ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	60 ± 0,2 mm	20		
	60 ± 0,4 mm	15		
	> 60 ± 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		
	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

mmmmmmm. Pengefraisan Balok Bertingkat Luar

Pengefraisan Balok Bertingkat

Gambar 72 Balok Bertingkat Luar

Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok	Shell End Mill	
2	Melukis benda kerja	Vernier High Gauge	
3	Pemasangan pisau jari Pengefraisan alur	Slot Drill atau End Mill	

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
4	Pemeriksaan	Mistar sorong	

nnnnnnn. Lembar Kerja Peserta Didik

JOB SHEET 2

Balok Bertingkat Luar

GAMBAR KERJA

JOB SHEET 2

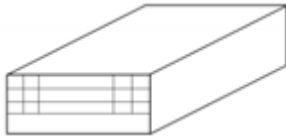
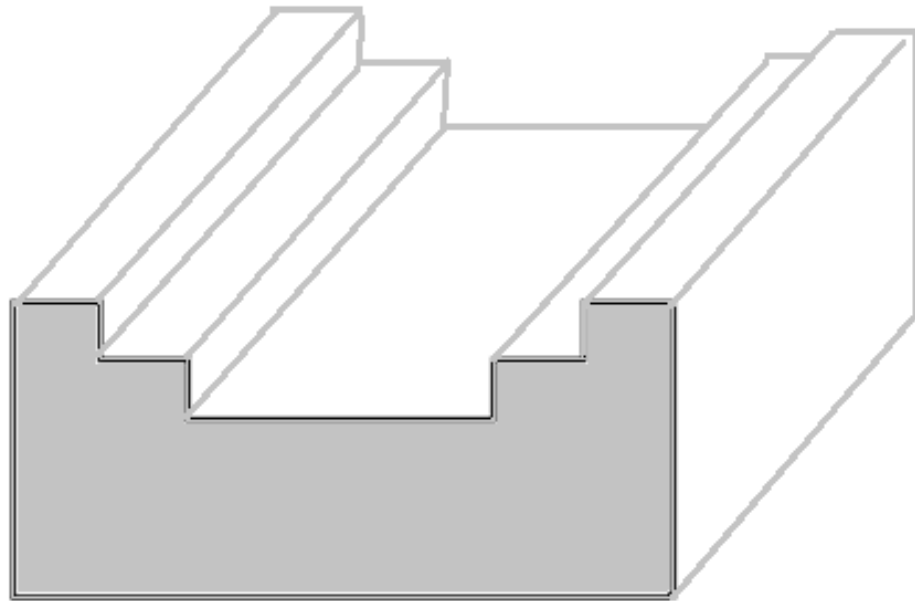
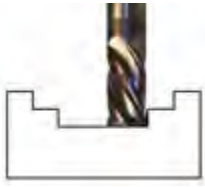
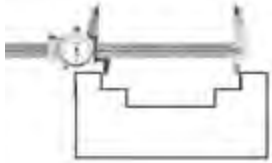
FRAIS BALOK BERTINGKAT LUAR

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Balok Bertingkat Luar

Nama : ....

Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		
	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

oooooo. Pengefraisan Balok Bertingkat Dalam

Gambar 73 Balok Bertingkat Dalam

ppppppp. Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok	Shell End Mill	
2	Melukis benda kerja	Vernier High Gauge	

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
3	Pemasangan pisau jari Pengefraisan alur	Slot drill atau end mill	
4	Pemeriksaan	Mistar sorong	

JOB SHEET 2
Balok Bertingkat Dalam

GAMBAR KERJA

	Skala :	Digambar :	Keterangan :
	Satuan Ukuran : mm	Kelas : XI PPU	Tol ± 0,2
	Tanggal :	Diperiksa :	

SMKN 12 BANDUNG	**FRAIS BALOK BERTINGKAT DALAM**	NO. 03

JOB SHEET 2

FRAIS BALOK BERTINGKAT DALAM

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Balok Bertingkat Dalam

Nama : ....

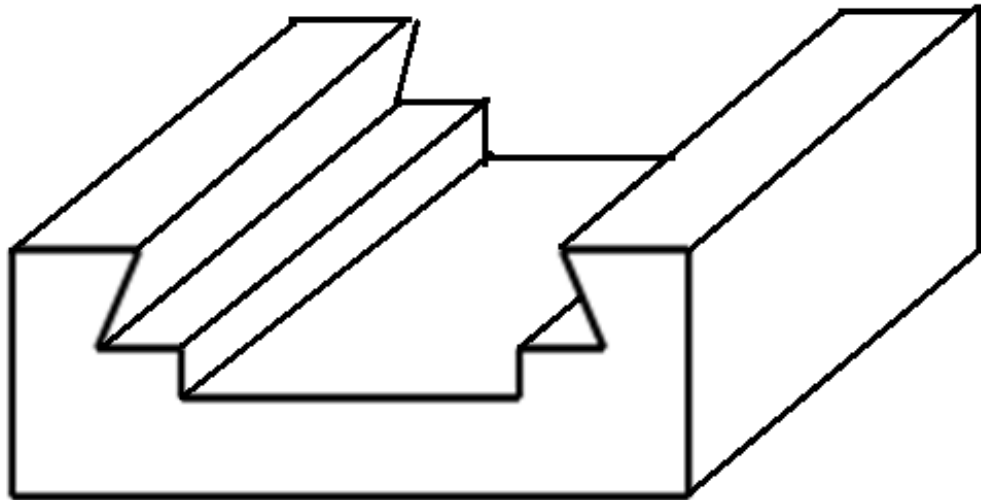
Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		

	$\pm$ 0,4 mm	15		
	> $\pm$ 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	$\pm$ 0,2 mm	20		
	$\pm$ 0,4 mm	15		
	> $\pm$ 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	$\pm$ 0,2 mm	20		
	$\pm$ 0,4 mm	15		
	> $\pm$ 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		
	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

qqqqqqq. Pengefraisan Alur Ekor Burung

Pengefraisan Alur Ekor Burung

Benda kerja yang permukaannya parallel dan bersudut seringkali digunakan sebagai penuntun. Pemasangan yang layak hanya bisa dijamin bila permukaan tidak hanya rata, tetapi juga parallel dan bersudut.

Gambar 74 Alur Ekor Burung Dalam

Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok	Shell End Mill	
2	Melukis benda kerja	Vernier High Gauge	

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
3	Pemasangan pisau jari Pengefraisan alur	Slot drill atau end mill	
4	Pemasangan pisau ekor burung	Dove tail cuttter	
5	Pengefraisan alur ekor burung dalam		
6	Pemerikasan hasil pekerjaan Pemeriksaan kerataan balok dengan pisau rata (a), dan pemeriksaan kesikuan dengan siku-siku (b)	Pisau rata Siku-siku	a b
7	Pemeriksaan tinggi alur ekor burung menggunakan micrometer kedalaman, lebar alur menggunakan blok ukur (a) dan rol ukur (b)		

JOB SHEET 2
Balok Alur Ekor Burung Dalam

GAMBAR KERJA

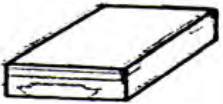
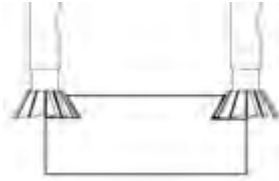
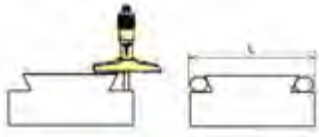
JOB SHEET 2

FRAIS ALUR EKOR BURUNG DALAM

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Alur Ekor Burung Dalam

Nama : ....

Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		

	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

Gambar 75 Alur Ekor Burung Luar

Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok	Shell End Mill	
2	Melukis benda kerja	Vernier High Gauge	
3	Pemasangan pisau jari Pengefraisan alur	Slot drill atau end mill	
4	Pemasangan pisau ekor burung	Dove tail cuttter	
5	Pengefraisan alur ekor burung luar		

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
6	Pemeriksaan tinggi alur ekor burung menggunakan micrometer kedalaman, lebar alur menggunakan rol ukur	Mikrometer kedalaman Rol ukur	

JOB SHEET 2

Balok Alur Ekor Burung Luar

GAMBAR KERJA

JOB SHEET 2

FRAIS ALUR EKOR BURUNG LUAR

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Alur Ekor Burung Luar

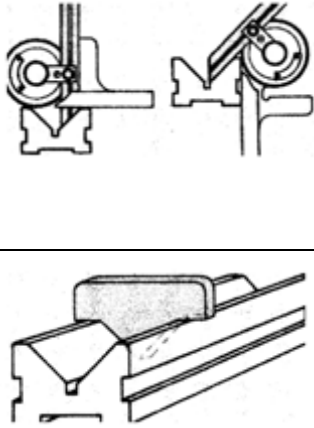
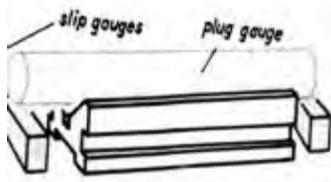
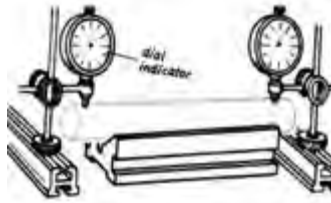
Nama : ....

Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		

	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

rrrrrrr. Pengefraian Alur V

Pengefraisan Alur V

Blok V adalah suatu alat bantu yang sering digunakan dalam pekerjaan pemesinan untuk menjepit benda kerja bentuk selinder, baik ketika melukis benda kerja maupun saat penyayatan di mesin frais, mesin bor atau mesin perkakas lainnya.

Gambar 76 Blok V

Langkah Kerja

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
1	Pemasangan pisau frais Penjepitan benda kerja Pengefraisan balok	Shell End Mill	
2	Melukis benda kerja	Vernier High Gauge	
3	Pemasangan pisau jari Pengefraisan alur	Slot drill atau end mill	

No	Operasi	Alat	Ilustrasi
4	Pengefraisan alur miring Bisa kepala vertikal (pisau frais) yang dimiringkan atau benda kerja yang dijepit miring	Slot drill atau End mill	
5	Pengefraisan alur tengah	Slot drill atau End mill	
6	Pemeriksaan alur V	Bevel protractor Atau Mistar V	
7	Pemeriksaan kerataan alur V	Plug gage dan Slip gage	
8	Pemeriksaan kesejajaran alur V	Plug gage dan Dial indicator	

sssssss. Lembar Kerja Peserta Didik

JOB SHEET 2

Balok Alur V

GAMBAR KERJA

JOB SHEET 2

FRAIS BALOK ALUR V

LEMBAR PENILAIAN

Nama Job Sheet Frais Balok Alur V

Nama : ....

Kelas : ....

KOMPONEN YANG DINILAI	SUB KOMPONEN	NILAI MAKSIMAL	NILAI YANG DICAPAI	KET
Metoda praktek	Langkah Kerja sesuai	5		
	Penggunaan Alat sesuai	5		
	Keselamatan Kerja baik	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Ukuran panjang	± 0,2 mm	20		
	± 0,4 mm	15		
	> ± 0,6 mm	5		
Penampilan	siku-siku, halus, rata	20		
	siku-siku, rata	15		
	tidak : siku-siku, halus, rata	5		
Waktu pengerjaan	Tepat atau lebih cepat	5		
	Lambat	0		
Jumlah Nilai				

DAFTAR PUSTAKA

A. Campa, J. Rollet. *Mecaniciens Tome III.* Paris: Foucher, 1981.

A. Dupont, A. Castell. *Travaux Realises sur les Machines Outils.* Paris: Desfirges, 1980.

Abo Sudjana, R. Suasdi. *Petunjuk Kerja Bangku.* Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 1978.

C. Van Terheijden, Harun. *Alat-alat Perkakas 1.* Bandung: Binacipta, 1981.

Chironic, Nicholas P. *Gear Design and Application.* New York: Mc Graw Hill, 1976.

Dudey, Darle W. *Gear Handbook.* New york: Mc Graw Hill, 1982.

G. Leonamard, J. Tinel. *Momento du Dessin Industriel.* Paris: Foucher, 1983.

G. Takeshi Sato, N. Sugiarto H. *Menggambar Mesin.* Jakarta: Paramita, 1981.

Gerling, Heinrich. *All About Machine Tools.* New Delhi: Mohinder Singh Sejwal, 1985.

P. Plassard, G. Dfour, G. Poble. *Ajustage.* Paris: Hachet, 1982.

R. Durot, R. Lavaud, J. Visart. *Normades.* Paris: Dunot Bordas, 1985.

R.K. Jain, S.C. Gupta. *Production Technology.* New Delhi: Khanna Plubishers, 1982.

Rohyana, Drs. Solih. *Pekerjaan Logam Dasar.* Bandung: Armico, 1999.

Sarjono Wiganda, BE. *Teknologi Mekanik.* Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 1977.

Wilson, Frank W. *Tool Engineer Handbook.* New york: Mc Graw Hill, 1985.

Diunduh dari BSE.Mahoni.com